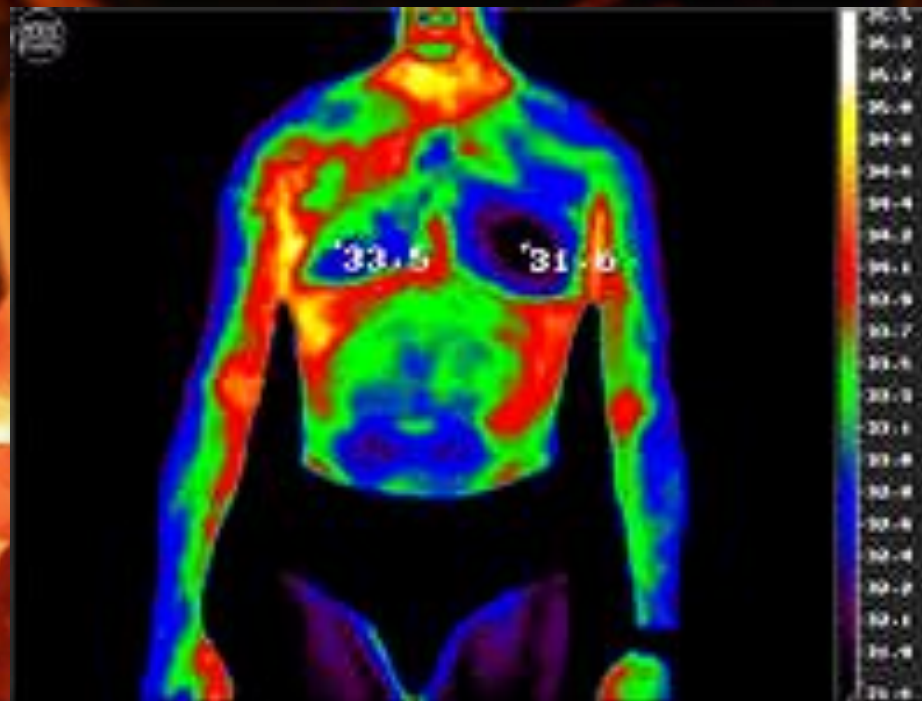


КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

ЕГЭ. ФИЗИКА
РЕПЕТИЦИЯ ПО ФИЗИКЕ
Владимир Петрович Сафронов
г. Ростов-на-Дону, 2015
Звоните: т. 8 928 111 7884
Пишите: safron-47@mail.ru

КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Тепловое излучение

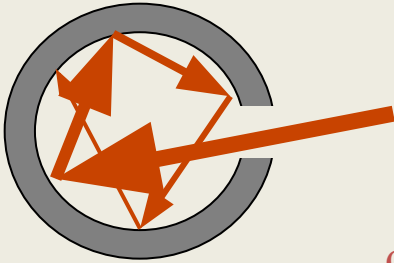


Абсолютно черное тело

полностью поглощает падающий на него свет.

Его поглощательная способность

$$a_{\nu, T}^* = 1.$$

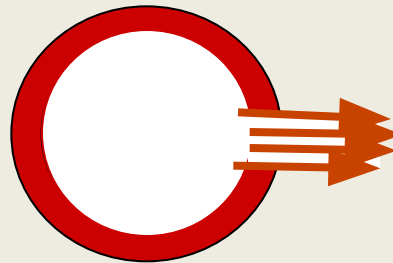


Хорошей моделью абсолютно черного тела является полость с отверстием (зрачок глаза).

Луч света, попавший внутрь полости, многократно отражается от стенок и не выходит наружу — поглощается.



Если полость нагреть,



через отверстие будет выходить излучение —
излучение абсолютно черного тела.

Формула Планка

Макс Планк (1900 г.)

За
изл
т



Фот

а) Э

б) С

гии
тела
что
льными
и .
на частоте

ланка.

ме

ланком

ощается

ой покоя



Макс Планк (1858-1947)

Квантовая природа света

Фотон

квант
Фотон

Крабовидная туманность

ица.
та c

По зако

$E =$

ергии

Примеры



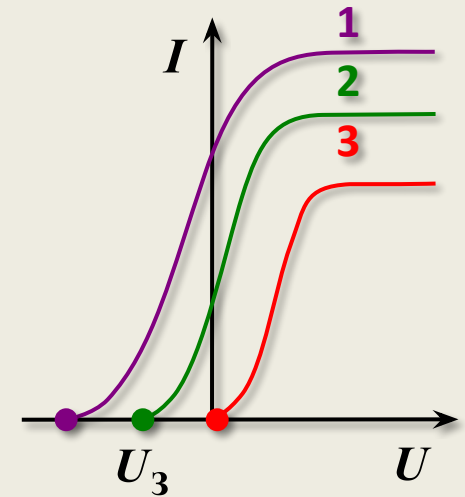
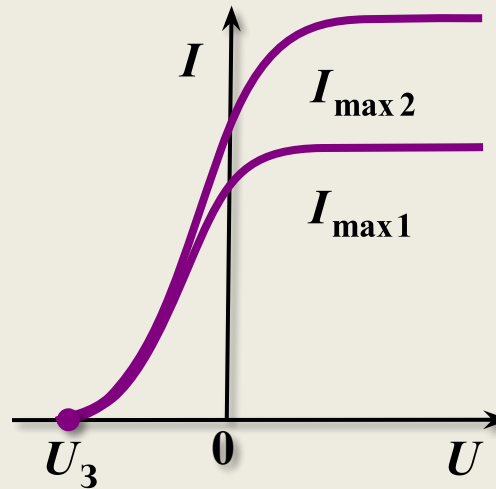
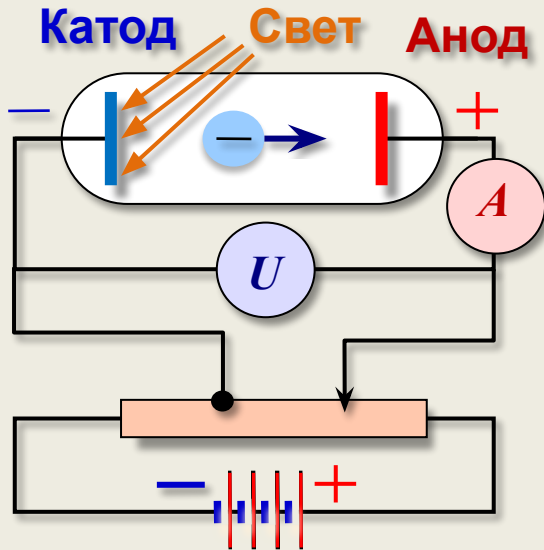
кг .

Фотоэффект.

Внешний фотоэффект – это выбивание электронов из вещества под действием света.

При освещении катода в цепи возникает электрический ток (рис.).

Фотоэффект подтверждает корпускулярные свойства света.



Задерживающее напряжение U_3 , В:

Напряжение между анодом
и катодом, при котором прекращается фототок:

$$eU_3 = \frac{m_e v_{\max}^2}{2}.$$

$$\frac{m_e v_{\max}^2}{2}$$

— максимальная кинетическая энергия выбитых электронов.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

Эйнштейн предложил рассматривать фотоэффект как неупругое соударение частицы фотон с частицей электрон.

При этом выполняется закон сохранения энергии.

Фотон полностью отдает электрону свою энергию $E_\phi = h\nu$, которая затрачивается на работу выхода $A_{\text{выхода}}$ электрона из металла и на сообщение электрону кинетической энергии $E_K = m_e v^2 / 2$:

$$E_\phi = A_B + E_K$$

— уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

$$E_\phi = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = p_\phi \quad \text{— энергия фотона}$$

$$E_K = eU_3 = \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2} = \frac{p_e^2}{2m_e} \quad \text{— максимальная кинетическая энергия выбитых электронов.}$$

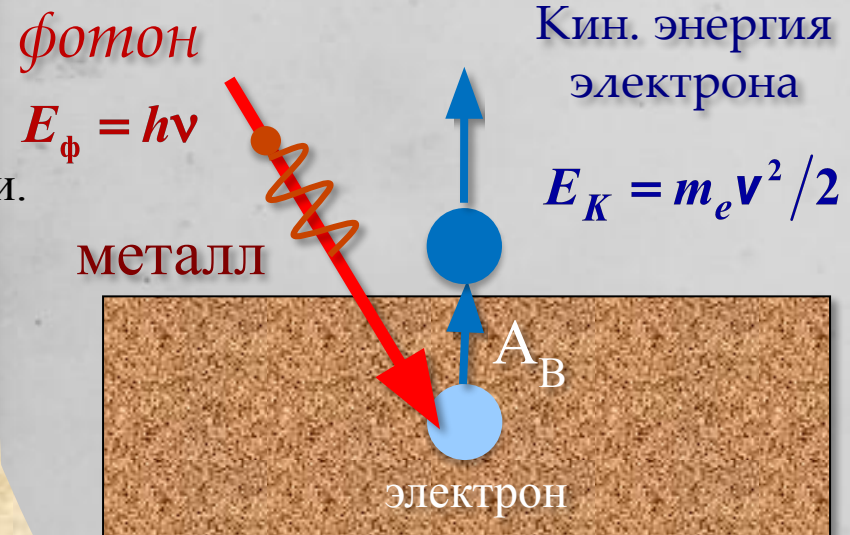
$$A_B = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}, \text{ Дж(эВ)} \quad \text{— работа выхода — минимальная энергия, которую нужно передать электрону, чтобы вырвать его из вещества.}$$

Зависит только от типа вещества.

$$h\nu = A_B + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2} \Rightarrow h\nu = h\nu_{\text{кр}} + eU_3 \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} + E_\phi \Rightarrow h\nu = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} + eU_3 \Rightarrow p \cdot c = A_B + \frac{p_e^2}{2m_e}.$$

$$\text{В эВ: } \frac{E_\phi}{e} = \frac{A_B}{e} + U_3.$$

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$



Законы фотоэффекта

Законы фотоэффекта объясняются уравнением Эйнштейна:

$$h\nu = A_{\text{выхода}} + E_K.$$

1. Фототок насыщения пропорционален освещенности катода
Число фотоэлектронов пропорционально интенсивности света,
— чем больше падающих фотонов, тем больше выбитых электронов.

2. Кинетическая энергия фотоэлектронов зависит только
от частоты света и типа металла:

$$E_K = h\nu - A_{\text{выхода}}$$

$A_{\text{выхода}}$ — константа металла.

3. Существует *красная граница фотоэффекта* —
наименьшая частота света (наибольшая длина волны), ниже которой фотоэффекта нет:

$$h\nu_{\text{выхода}} = A \Rightarrow \nu_{\min} = \nu_{\text{КГ}} = \frac{A_{\text{выхода}}}{h}, \quad \frac{hc}{\lambda_{\max}} = A_{\text{выхода}} \Rightarrow \lambda_{\text{КГ}} = \frac{hc}{A_{\text{выхода}}}.$$

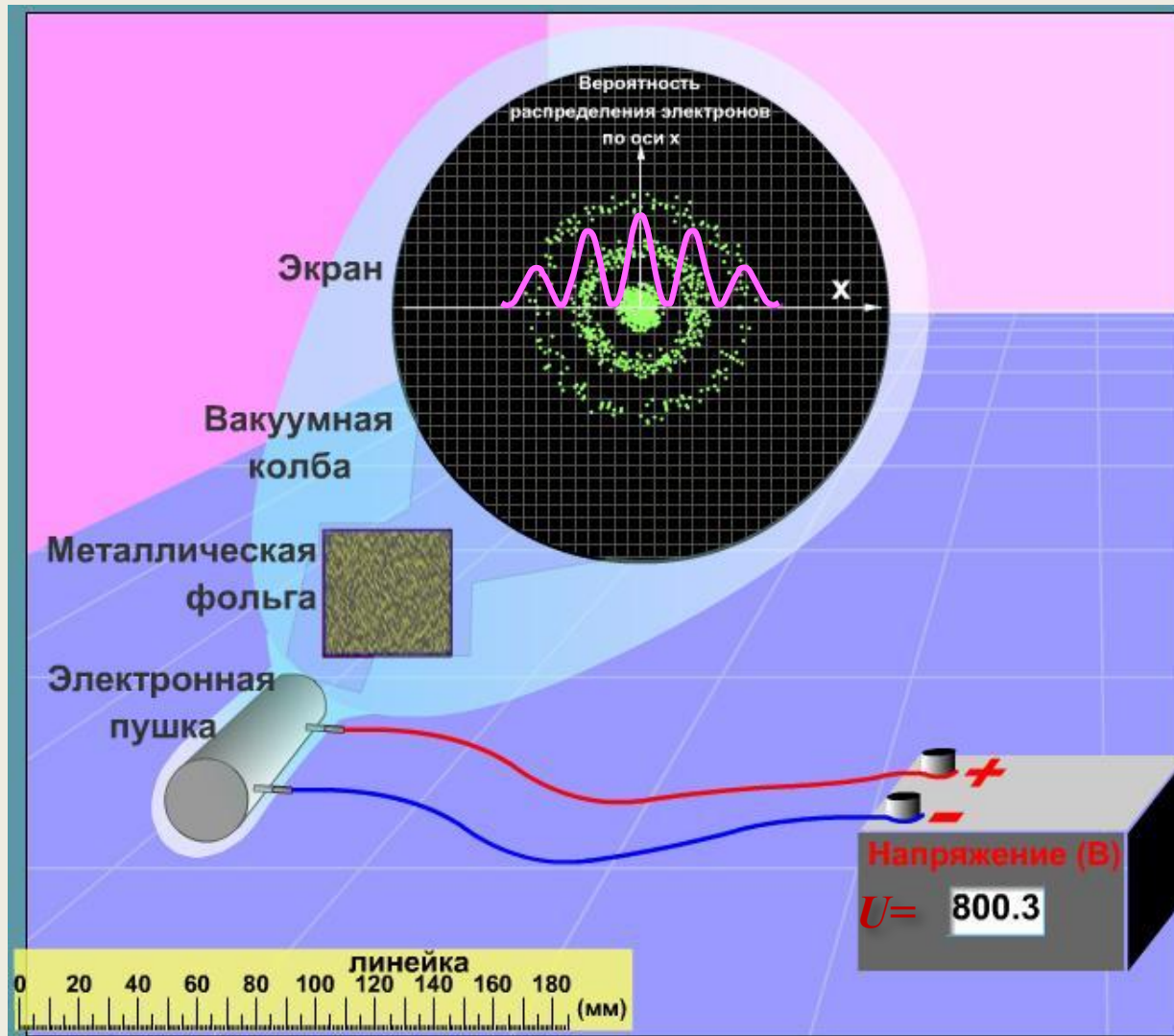
Фотоэффект применяется в **фотодатчиках**, изменяющих свое сопротивление в зависимости от освещенности и в солнечных батареях.

ПРИМЕРЫ



солнечных лучей в электрическую энергию (фотовольтаика)

Дифракция электронов



Эксперимент

(Дэвисон и Джермер 1927 г).

Поток электронов, ускоренный напряжением U (электронная пушка), проходит через золотую фольгу (мишень).

На экране наблюдается интерференционная картина.

Значит, электроны, подобно фотонам, обладают волновыми свойствами.

Дифракция электронов

Решая задачу о дифракции электронов на кристаллической решетке, получаем длину волны электрона

$$\lambda_{\text{э}} = \frac{12,25 \cdot 10^{-10}}{\sqrt{U}} \text{ м.}$$

Длина волны электрона обратно пропорциональна корню из ускоряющего напряжения.

Гипотеза де Бройля

Луи де Бройль (1924 г) распространил двойственное поведение света на частицы вещества, предположив, что любая частица обладает волновыми свойствами.

Длина волны де Бройля λ частицы, обладающей импульсом $p = mv$, определяется, как и для света, по формуле:

$$\lambda = h / p.$$

{ Скорость электрона $v \sim 10^7$ м/с $\Rightarrow$ длина волны электрона $\lambda \sim 0,1$ нм
Частица массой $m = 1$ г, скорость $v = 1$ м/с $\Rightarrow \lambda \sim 10^{-30}$ м

Волновые свойства у макроскопических тел не проявляются.

Зависимость длины волны электрона от ускоряющего напряжения

$U, \text{ В}$	1	100	10000
$\lambda, \text{ \AA}$ (1Ангстрем = 10^{-10} м)	12,25	1,25	0,125



КОНЕЦ "ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ"