Задание

1. Изучить теоретический материал темы, законспектировать, подготовить 5-7 тестовых вопросов к теме.

2. Фотоотчет и сообщение присылать на электронную почту

С уважением, Хвастов Александр Николаевич

!!! Если возникнут вопросы обращаться по телефону 0721098278 (ватсап). Электронная почта: hvastov@rambler.ru

Лекция. Гипотеза Планка о квантах. Фотоэффект. Фотон. Волновые и корпускулярные свойства света.

Электродинамика Максвелла приводила к бессмысленному выводу: **нагретое тело в результате постоянного излучения электромагнитных волн должно было охладиться до нуля.**

С точки зрения классической физики теплового равновесия между веществом и излучением существовать не может. **На опыте доказано**, что нагретое тело не тратит всю свою энергию на излучение электромагнитных волн.

В 1900 году Макс Планк выдвинул квантовую гипотезу.

Гипотеза Планка:

Нагретое тело испускает и поглощает свет не непрерывно, а определенными конечными порциями энергии – квантами (квант (от лат. quantum) – количество).

$E = h \cdot \nu$, где

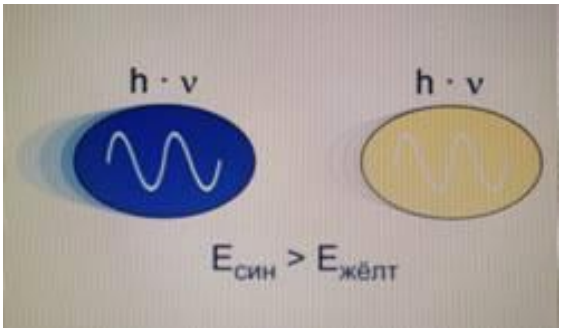
$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с — постоянная Планка.

$E = n \cdot h \cdot \nu$ — интенсивность света (поверхностная плотность потока излучения), при $S = 1$ м^2 и $t = 1$ с

1) Энергия каждой порции прямо пропорциональна частоте излучения.

2) Универсальная Планка (h) – постоянная универсальная величина.

Энергия квантов разного цвета имеет разное значение



Фотоэффект

Макс Планк выдвинул гипотезу о дискретной природе света. Эта явление было подтверждено исследованиями, которые проводил Генрих Герц. Такое явление получило название – явление фотоэффекта.

Изучил экспериментально и сформулировал законы фотоэффекта русский физик Александр Григорьевич Столетов

Фотоэффект – это вырывание электронов из вещества под действием света.

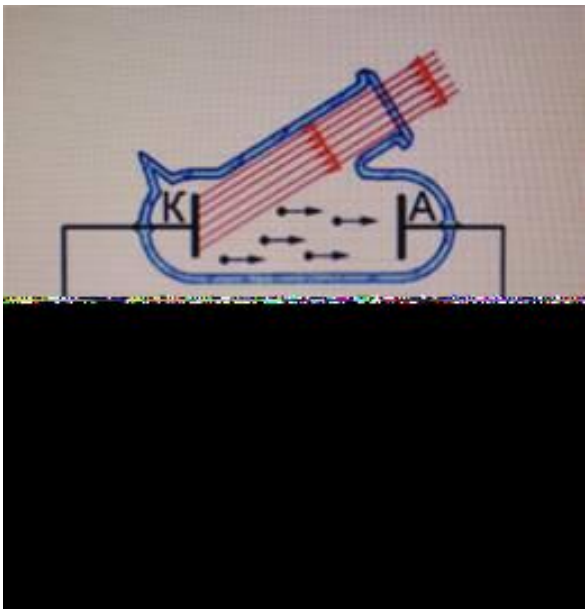
Внутренний фотоэффект – это эффект, при котором оторванные от своих атомов электроны остаются внутри вещества и становятся свободными. Такой фотоэффект можно наблюдать в полупроводниках и некоторых диэлектриках.

Для того чтобы получить о фотоэффекте более полное представление, нужно выяснить:

1. От чего зависит число вырванных светом с поверхности вещества электронов (фотоэлектронов),

2. Чем определяется их скорость или кинетическая энергия.

Были проведены экспериментальные исследования:



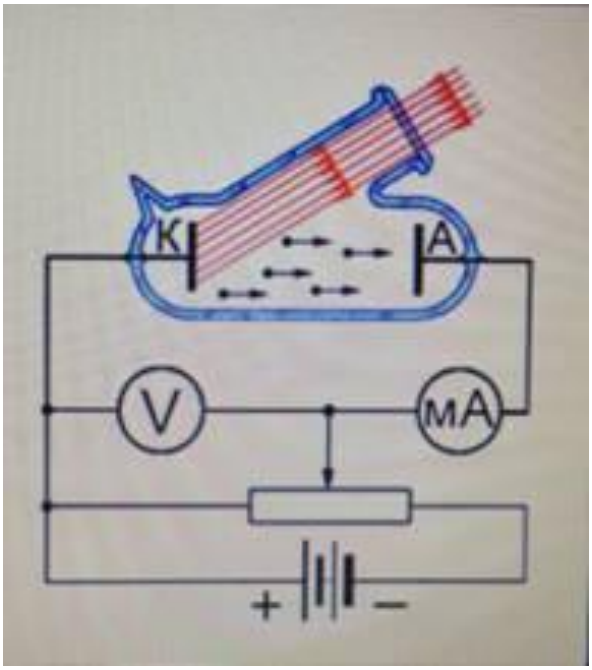
В стеклянный баллон, из которого был выкачан воздух, помещаются два электрода. На один из электродов поступает свет через кварцевое окошко, прозрачное не только для видимого света, но и для ультрафиолетового. На электроды подается напряжение, которое можно менять с помощью потенциометра и измерять вольтметром. К освещаемому электроду подключают отрицательный полюс батареи. Под действием света этот электрод испускает электроны, которые образуют электрический ток. При малых напряжениях не все вырванные светом электроны достигают другого электрода. Если, не меняя интенсивности излучения, увеличивать разность потенциалов между электродами, то сила тока возрастает. При некотором значении напряжения она достигает максимального значения, после чего перестает увеличиваться.

Ток насыщения (Iн) – максимальное значение силы тока. Ток насыщения определяется числом электронов, испущенных за 1 секунду освещаемым электродом.

Изменяя интенсивность излучения, удалось установить, что сила тока насыщения прямо пропорциональна интенсивности светового излучения, падающего на поверхность тела. При увеличении интенсивности излучения источника света в два раза, сила тока насыщения тоже увеличивается в два раза.

Задерживающее напряжение

Если изменить полярность батареи, то сила тока будет уменьшаться, и при некотором напряжении обратной полярности она станет равна нулю.



Это значит, что электрическое поле тормозит вырванные электроны до полной остановки, а затем возвращает их на электрод. Такое напряжение – **задерживающее напряжение**

Измеряя задерживающее напряжение и применяя теорему о кинетической энергии, можно найти значение кинетической энергии фотоэлектронов:

$$U_з e = \frac{m \cdot \upsilon^2}{2}$$

При изменении интенсивности света задерживающее напряжение не меняется. Это значит, что не меняется кинетическая энергия фотоэлектронов.

Второй закон Столетова: максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и не зависит от его интенсивности

Красная граница фотоэффекта – это минимальная частота света для данного вещества, при которой наблюдается явление фотоэффекта.

Уравнение Эйнштейна

$$\frac{hc}{\lambda} = A_{вых} + \frac{m\vartheta^2}{2}$$

C/λ=V(частота

Это уравнение получило название – уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

В 1921году Альберт Эйнштейн за объяснение фотоэффекта был удостоен Нобелевской премии.

Применение фотоэффекта:

1) С помощью фотоэффект появился звук в кинофильмах, и стала возможной передача движущихся изображений

2) Применение фотоэлектронных приборов позволило создать станки, которые без всякого участия человека изготовляют детали по заданным чертежам. Также созданы аппараты, которые изучают далекие небесные тела.

3) Основанные на фотоэффекте приборы контролируют размеры изделия лучше любого человека, вовремя включают и выключают маяки и уличное освящение.

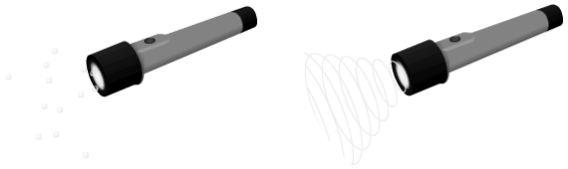
Фотоэлемент – устройство, в котором энергия света управляет энергией электрического тока или преобразуется в нее

Волновые и корпускулярные свойства света.

В конце XVII века возникли две научные гипотезы о природе света - *корпускулярная* и *волновая*.

Согласно корпускулярной теории, свет представляет собой поток мельчайших световых частиц (корпускул), которые летят с огромной скоростью. Ньютон считал, что движение световых корпускул подчиняется законам механики. Так, отражение света понималось аналогично отражению упругого шарика от плоскости. Преломление света объяснялось изменением скорости частиц при переходе из одной среды в другую.

Волновая теория рассматривала свет как волновой процесс, подобный механическим волнам.



Согласно современным представлениям, свет имеет двоякую природу, т.е. он одновременно характеризуется и корпускулярными, и волновыми свойствами. В таких явлениях, как интерференция и дифракция, на первый план выступают волновые свойства света, а в явлении фотоэффекта, - корпускулярные.

Световой луч – это пучок света, толщина которого много меньше расстояния, на которое он распространяется. Такое определение близко, например, к определению материальной точки, которое дается в кинематике.

Задача №1

Определите красную границу фотоэффекта для металла с работой выхода 2 эВ.

Дано:

$A = 2$ эВ $= 2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж $= 3{,}2 \cdot 10^{-19}$ Дж

$h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Дж $\cdot$ с

$\lambda_{max} - ?$

Решение:

Из уравнения Эйнштейна ($E_k = hv - A$) для фотоэффекта при условии $E_k = 0$ имеем:

$$hv_{min} = A$$

Частота v света связана с его скоростью c и длиной волны λ выражением

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

Из этих двух формул получаем:

$$\frac{hc}{\lambda_{max}} = A$$

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{A}$$

$$\lambda_{max} = \frac{6{,}6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{3{,}2 \cdot 10^{-19}} \text{ м} = 6{,}2 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

Задача №2

Найдите максимальную скорость электронов, освобождаемых при фотоэффекте светом с длиной волны $4 \cdot 10^{-7}$м с поверхности материала с работой выхода 1,9 эВ.

Дано:

$\lambda = 4 \cdot 10^{-7}$ м

$A = 1{,}9$ эВ $= 3{,}04 \cdot 10^{-19}$ Дж

$v_{max} - ?$

$$E_k = \frac{mv_{max}^2}{2}$$

для максимальной кинетической энергии электронов.

$$hv = A + \frac{mv_{max}^2}{2}$$

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A$$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2\frac{hc}{\lambda} - 2A}{m}}$$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2\frac{6{,}6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{4 \cdot 10^{-7}} - 2 \cdot 3{,}04 \cdot 10^{-19}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}} \text{ м/с} \approx 6{,}5 \cdot 10^{5} \text{ м/с.}$$