

Муниципальное общеобразовательное учреждение
Андреапольская средняя общеобразовательная школа №1

Методическая разработка урока
по физике

**«Гипотеза Планка. Фотоэффект»
(11 класс)**

Урок разработала
Краузе Людмила Семёновна
учитель физики 1 квалификационной категории

Урок физики по теме "Гипотеза Планка Фотоэффект"

Цель: дать понятие фотоэлектрического эффекта и разъяснить содержание его законов, объяснить законы фотоэффекта на основании квантовых представлений; дать понятие о фотоне как элементарной частице электромагнитного излучения; изучить основные свойства фотона.

Задачи:

- *Образовательная:* сформировать понятие фотоэффекта и фотона; продолжить формирование вычислительных навыков;
- *Развивающая:* продолжить работу по овладению методами научного исследования (проверка законов фотоэффекта с использованием мультимедийного диска "Интерактивный курс. Физика, 7-11 классы". Физикон);
- *Воспитательная:* продолжить развитие функции общения на уроке как условия обеспечения взаимопонимания, побуждения к действию, ощущения эмоционального удовлетворения.

Тип урока: комбинированный урок.

Оборудование: набор по фотоэффекту, компьютер, LCD–проектор, презентация в программе PowerPoint, мультимедийный диск "Интерактивный курс. Физика, 7-11 классы". Физикон.

Ход урока

I. Организационный этап

II. Актуализация знаний

1. Фронтальный опрос.

В чем заключалось противоречие между электромагнитной природой света и опытом?

2. Демонстрация внешнего фотоэффекта на цинковой пластине.

III. Изучение нового материала

1. Учитель. (Материал из энциклопедии.).

В 1887 г. Немецкий физик Генрих Герц экспериментировал с разрядником для излучения электромагнитных волн – парой металлических шаров; при приложении разности потенциалов между ними проскакивала искра. Когда же он освещал один из шаров ультрафиолетовыми лучами, разряд усиливался. Таким образом, был обнаружен внешний фотоэффект.

В 1888 г. другой немец, Вильгельм Гальвакс, установил, что облученная ультрафиолетовым светом металлическая пластинка заряжается положительно. Так произошло второе открытие фотоэффекта. Третьим, не зная об опытах Герца и Гальвакса, его наблюдал в том же году итальянец Аугусто Рики. Он выяснил, что фотоэффект возможен и в металлах, и в диэлектриках. Рики сконструировал фотоэлемент – прибор,

преобразующий свет в электрический ток. Но и это еще не вся история: российский физик Александр Григорьевич Столетов был четвертым ученым, независимо от других открывшим фотоэффект (1888 г.). Используя фотоэлемент собственной конструкции, Столетов два года всесторонне исследовал новое явление и вывел его основные закономерности. Оказалось, что сила фототока (электрического тока, возникающего под действием ультрафиолетового излучения), во-первых, прямо пропорциональна интенсивности падающего света, а во-вторых, при фиксированной интенсивности облучения сначала растет по мере повышения разности потенциалов, но достигнув определенного значения (ток насыщения), уже не увеличивается. В 1899 г. немец Филипп Ленард и англичанин Джозеф Томсон доказали, что падающий на металлическую поверхность свет выбивает из нее электроны, движение которых и приводит к появлению фототока. Однако понять природу фотоэффекта с помощью классической электродинамики так и не удалось. Необъяснимым оставалось, почему фототок возникал лишь тогда, когда частота падающего света превышала строго определенную для каждого металла величину.

Только в 1905 г. Эйнштейн превратил эту загадку в совершенно прозрачную, понятную во всех деталях картину. Развивая квантовую гипотезу Планка, он предположил, что электромагнитное излучение не просто испускается порциями – оно и распространяется в пространстве, и поглощается веществом тоже в виде порций – световых квантов (фотонов). Поэтому-то для возникновения фотоэффекта важна отнюдь не интенсивность падающего светового пучка. Главное, хватает ли отдельному световому кванту энергии, чтобы выбить электрон из вещества. Минимальную энергию, необходимую для этого, называют *работой выхода* $A_{\text{вых}}$. В итоге Эйнштейн вывел следующее уравнение фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}$$

В его левой части – энергия, которую отдает фотон электрону вещества, в правой – работа выхода электрона из вещества плюс кинетическая энергия уже освобожденного электрона. Ясно, что фотоэффект может вызвать только световая волна достаточно высокой частоты, а сила фототока пропорциональна интенсивности поглощенного света, т.е. числу фотонов, способных выбить электроны из вещества. В 1907г. Эйнштейн, работая над теорией теплоемкости твердых тел, сделал еще одно уточнение квантовой гипотезы. Почему тело (атом, молекула, кристалл) излучает свет, согласно Планку, только порциями? А потому, отвечал Эйнштейн, что атомы имеют лишь дискретный набор возможных значений энергии. Таким образом, теория излучения и поглощения приняла законченный вид.

2. Работа с мультимедийным пособием (Интерактивный курс “Физика, 7–11 классы” Лаборатория. Атомная и ядерная физика. Фотоэффект). *Проходит в форме беседы с учащимися.*

Модель является компьютерным экспериментом по исследованию закономерностей внешнего фотоэффекта. Можно изменять значение напряжения U между анодом и катодом фотоэлемента и его знак, длину волны λ в диапазоне видимого света и мощность светового потока P .

В эксперименте можно определить красную границу фотоэффекта и найти работу выхода материала фотокатода. Можно измерить запирающий потенциал U_3 для различных длин волн и определить постоянную Планка h .

Проверка законов фотоэффекта.

Первый закон. Сила тока насыщения (фактически, число выбиваемых с поверхности электронов за единицу времени) прямо пропорциональна интенсивности светового излучения, падающего на поверхность тела.

Начальные данные: $P = 0,5$ мВт, $\lambda = 400$ нм, $U = 0$ В. Увеличиваем разность потенциалов между электродами, при фиксированной интенсивности, замечаем, что сила тока нарастает. При напряжении $U = 2,7$ В она достигает максимального значения $I = 0,5$ мА и перестает увеличиваться. Ток достиг насыщения. Затем увеличиваем интенсивность и видим что, сила тока насыщения увеличивается.

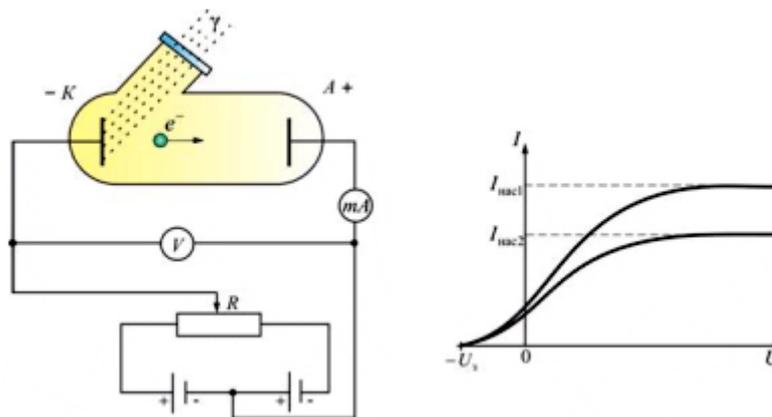


Рисунок 1

Второй закон. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и не зависит от его интенсивности.

Начальные данные: $P = 0,2$ мВт, $\lambda = 550$ нм, $U = 0$ В, $I = 0,007$ мА. При этих данных часть вырванных светом электронов достигает левого электрода. Изменяем полярность батареи – сила тока уменьшается, и при $U = -0,3$ В становится равной нулю. Это значит, что электрическое поле тормозит вырванные электроны до полной остановки и затем возвращает их на катод. Теперь, изменяем интенсивность света – задерживающее напряжение не меняется, следовательно, не меняется кинетическая энергия фотоэлектронов, а значит и скорость фотоэлектронов не меняется. Уменьшаем длину волны падающего света (т.е. увеличиваем частоту) – видим, что задерживающее напряжение следует увеличить. Это означает, что возрастает кинетическая энергия, а значит, максимальная скорость фотоэлектронов зависит от частоты (линейно возрастает) и не зависит от интенсивности света.

$$\text{Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: } h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mV^2}{2}$$

где $A_{\text{вых}}$ – работа выхода электронов из материала катода, а $\frac{mV^2}{2}$ – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов.

Отсюда следует, что красная граница фотоэффекта определяется формулой $\nu_{\min} = \frac{A_{\text{вых}}}{h}$.

Запирающее напряжение, которое необходимо приложить, чтобы фототок прекратился, можно найти по формуле $U_3 e = \frac{mV^2}{2}$

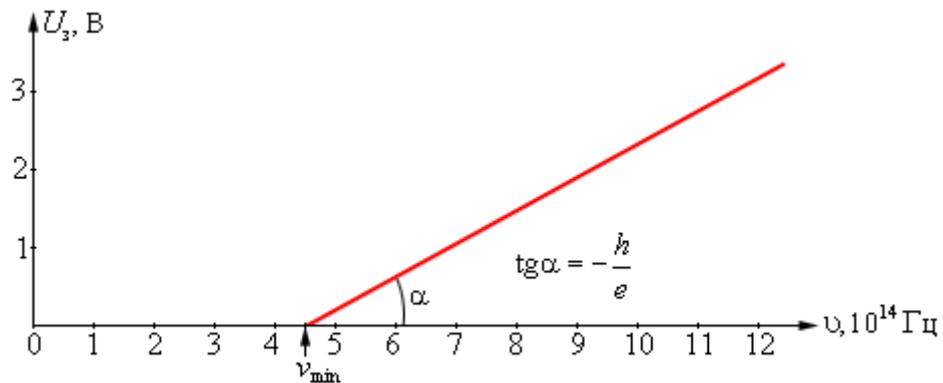


Рисунок 2

Зависимость запирающего потенциала от частоты падающего света

Третий закон. Если частота света меньше некоторой определенной для данного вещества минимальной частоты $\nu_{\text{кр}}$, то фотоэффект не наблюдается (достигается т. н. красная граница фотоэффекта).

Начальные данные: $\lambda = 550$ нм. Увеличиваем длину волны и видим, что при $\lambda = 662$ нм фототок прекращается и при дальнейшем увеличении больше не возникает. Эта длина волны и есть красная граница фотоэффекта.

Кроме внешнего фотоэффекта существует и внутренний фотоэффект: при облучении полупроводника или диэлектрика фотонами в нем появляются дополнительные свободные электроны и (или) так называемые дырки, что приводит к увеличению электропроводности.

3. Изучение нового материала (продолжение)

В современной физике фотон рассматривается как одна из элементарных частиц. Таблица элементарных частиц уже многие десятки лет начинается с фотона.

При испускании и поглощении свет ведет себя подобно потоку частиц с энергией $E = h\nu$, зависящей от частоты. Порция света оказалась неожиданно очень похожей на то, что принято называть частицей. Свойства света, обнаруживаемые при взаимодействии с веществом (излучении и поглощении), называют **корпускулярными**, а сама же световая частица получила название **фотона** или **светового кванта**. При распространении света проявляются его волновые свойства. Свет обладает своеобразным дуализмом (двойственностью) свойств.

Энергия фотона: $E = h\nu = \hbar\omega$, где $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,055 \cdot 10^{-34}$ Дж · с.

Масса фотона: $m = \frac{h\nu}{c^2}$. Фотон лишен массы покоя, т.е. он не существует в состоянии покоя и при рождении сразу имеет скорость c .

Импульс фотона: $p = mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$. Направлен импульс фотона по световому лучу.

Гипотеза де Бройля. Длина волны де Бройля: $\lambda = \frac{h}{p}$.

IV. Закрепление изученного материала

Тестирование по вопросам о закономерностях фотоэффекта и свойствах фотона (Электронное учебное издание “Подготовка к ЕГЭ по физике”. – Дрофа. Раздел “Атомная физика”, тренинг).

V. Подведение итогов

VI. Домашнее задание: § 88–90, № 1141, 1144. Подготовить сообщения о применении фотоэффекта.