План занятий

13.01.2023 г.

Преподаватель: Дансарунова Мэдэгма Игоревна

Группа: Мсхп 2 курс

Дисциплина: Физика

Тема: Квантовая Гипотеза Планка. Фотоны.

Гипо́теза Пла́нка — гипотеза, выдвинутая 14 декабря 1900 года Максом Планком и заключающаяся в том, что при тепловом излучении энергия испускается и поглощается не непрерывно, а отдельными квантами (порциями). Каждая такая порция-квант имеет энергию E пропорциональную частоте v излучения: E= hv

где h или —h=h/2p коэффициент пропорциональности, названный впоследствии постоянной Планка. На основе этой гипотезы он предложил теоретический вывод соотношения между температурой тела и испускаемым этим телом излучением — формулу Планка.

Принятие этой гипотезы позволило Планку построить теорию теплового излучения, прекрасно согласующуюся с экспериментом. Располагая известными из опыта спектрами теплового излучения, Планк вычислил значение своей постоянной: h = 6,63\*10-34 Дж\*c

Успешность гипотезы Планка наводила на мысль, что законы классической физики неприменимы к малым частицам вроде атомов или электронов, а также к явлениям взаимодействия света и вещества. Подтверждением данной мысли послужило явление фотоэффекта.

Выдвижение этой гипотезы считается моментом рождения квантовой механики.

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, Вильгейм 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.

*Слайд 10, 11.*

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 Авых.***В итоге Эйнштейн вывел следующее уравнение фотоэффекта:

h = Авых + Ек.

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 ? 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*з 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,  = 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,  = 550 нм, U = 0 В, I = 0,007 мА. При этих данных часть вырываемых 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.

***Уравнение Эйнштейна*** для фотоэффекта: h = Авых + 

где *A*вых – работа выхода электронов из материала катода, а  – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов.

Отсюда следует, что красная граница фотоэффекта определяется формулой vmin = .

Запирающее напряжение, которое необходимо приложить, чтобы фототок прекратился, можно найти по формуле Uзе = 



Рисунок 2
Зависимость запирающего потенциала от частоты падающего света

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

Начальные данные:  = 550 нм. Увеличиваем длину волны и видим, что при  = 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 **Е = h?**, 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**, асама же световая частица получила название **фотона** или **светового кванта.** При распространении света проявляются его волновые свойства. Свет обладает своеобразным дуализмом (двойственностью) свойств.

Энергия фотона: Е = h = ћ, где ћ =  = 1,055 · 10-34 Дж · с.

Масса фотона: m = . Фотон лишен массы покоя, т.е. он не существует в состоянии покоя и при рождении сразу имеет скорость с.

Импульс фотона: p = mc =  = . Направлен импульс фотона по световому лучу.

Гипотеза де Броля. Длина волны де Бройля:  = 

**Домашнее задание:**  Подготовить сообщения о применении фотоэффекта.