2 мая 16Т физика

Тема урока: **Фотоэффект. Квантовая гипотеза Планка. Законы внешнего фотоэффекта Применение фотоэффекта**

Источники: учеб. Дмитриева В.Ф. «ФИЗИКА» стр. 383 – 389

 Гипотеза Планка, блестяще решившая задачу теплового излучения черного тела, получила подтверждение и дальнейшее развитие при объяснении фотоэффекта – явления, открытие и исследование которого сыграло важную роль в становлении квантовой теории. В 1887 году Г. Герц обнаружил, что при освещении отрицательного электрода ультрафиолетовыми лучами разряд между электродами происходит при меньшем напряжении. Это явление, как показали опыты В. Гальвакса (1888 г.) и А.Г. Столетова (1888–1890 гг.), обусловлено выбиванием под действием света отрицательных зарядов из электрода. Электрон еще не был открыт. Лишь в 1898 году Дж.Дж. Томпсон и Ф. Леонард, измерив удельный заряд испускаемых телом частиц, установили, что это электроны.

      Различают фотоэффект внешний, внутренний, вентильный и многофотонный фотоэффект.

***Внешним фотоэффектом*** называется испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения. *Внешний фотоэффект* наблюдается в твердых телах (металлах, полупроводниках, диэлектриках), а также в газах на отдельных атомах и молекулах (фотоионизация).

***Внутренний фотоэффект*** – это вызванные электромагнитным излучением переходы электронов внутри полупроводника или диэлектрика из связанных состояний в свободные без вылета наружу. В результате концентрация носителей тока внутри тела увеличивается, что приводит к возникновению фотопроводимости (повышению электропроводности полупроводника или диэлектрика при его освещении) или к возникновению электродвижущей силы (ЭДС)

***Вентильный фотоэффект*** является разновидностью внутреннего фотоэффекта, – это возникновение ЭДС (фото ЭДС) при освещении контакта двух разных полупроводников или полупроводника и металла (при отсутствии внешнего электрического поля). Вентильный фотоэффект открывает пути для прямого преобразования солнечной энергии в электрическую.

***Многофотонный фотоэффект***возможен, если интенсивность света очень большая (например, при использовании лазерных пучков). При этом электрон, испускаемый металлом, может одновременно получить энергию не от одного, а от нескольких фотонов.

      Первые фундаментальные исследования фотоэффекта выполнены русским ученым А.Г. Столетовым. Принципиальная схема для исследования фотоэффекта приведена на рис. 2.1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| https://ege-study.ru/wp-content/uploads/2016/04/St35_01.jpg | https://ege-study.ru/wp-content/uploads/2016/04/St35_02.jpg |  |  |

      Два электрода (катод *К* из исследуемого материала и анод *А*, в качестве которого Столетов применял металлическую сетку) в вакуумной трубке подключены к батарее так, что с помощью потенциометра *R* можно изменять не только значение, но и знак подаваемого на них напряжения. Ток, возникающий при освещении катода монохроматическим светом (через кварцевое стекло), измеряется включенным в цепь миллиамперметром.

      В 1899 г. Дж. Дж. Томпсон и Ф. Ленард доказали, что при фотоэффекте свет выбивает из вещества электроны.

      Вольт-амперная характеристика (ВАХ) фотоэффекта – *зависимость фототока* *I*, образуемого потоком электрона

      Такая зависимость соответствует двум различным энергетическим освещенностям катода (частота света в обоих случаях одинакова). По мере увеличения *U* фототок постепенно возрастает, т.е. все большее число фотоэлектронов достигает анода. Пологий характер кривых показывает, что электроны вылетают из катода с различными скоростями.

      Максимальное значение *фототока насыщения*  определяется таким значением напряжения *U*, при котором все электроны, испускаемые катодом, достигают анода:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | \frac{\displaystyle mv^2}{\displaystyle 2 \vphantom{1^a}} < eU.  Здесь m = 9,1 \cdot 10^{-31} \  кг — масса электрона,  e = -1,6 \cdot 10^{-19} \  Кл — его заряд |  |  |

где *n* – число электронов, испускаемых катодом в 1 с.

      Из ВАХ следует, при *U* = 0 фототок не исчезает. Следовательно, электроны, выбитые из катода, обладают некоторой начальной скоростью υ, а значит и отличной от нуля кинетической энергией, поэтому они могут достигнуть катода без внешнего поля. Для того, чтобы фототок стал равным нулю, необходимо приложить ***задерживающее напряжение***. При  ни один из электронов, даже обладающий при вылете из катода максимальной скоростью  , не может преодолеть задерживающего поля и достигнуть анода. Следовательно, Имеем:

\frac{\displaystyle mv^2}{\displaystyle 2 \vphantom{1^a}} < eU_3. (1)

Таким образом, *величина задерживающего напряжения позволяет определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов*.

|  |  |
| --- | --- |
|  | , |

т.е. замерив задерживающее напряжение  , можно определить максимальные значения скорости и кинетической энергии фотоэлектрона.

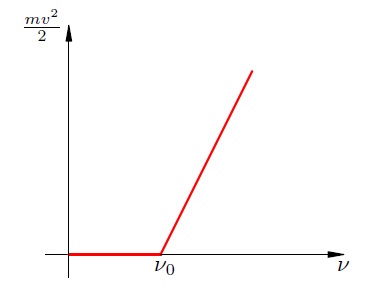
      При изучении ВАХ разнообразных материалов при разных частотах падающего на катод излучения и разных энергетических освещенностях катода и обобщении полученных данных были установлены три закона внешнего фотоэффекта **Первый закон фотоэффекта**. *Число электронов, выбиваемых из катода за секунду, пропорционально интенсивности падающего на катод излучения (при его неизменной частоте)*.

Ничего неожиданного в этом нет: чем больше энергии несёт излучение, тем ощутимее наблюдаемый результат. Загадки начинаются дальше.

А именно, будем изучать зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты и интенсивности падающего света. Сделать это несложно: ведь в силу формулы (1) нахождение максимальной кинетической энергии выбитых электронов фактически сводится к измерению задерживающего напряжения. Сначала меняем частоту излучения \nu при фиксированной интенсивности. Получается такой график (рис. 3): его фотоэффекта.

Так видим, существует некоторая частота \nu_0, называемая *красной границей фотоэффекта*, разделяющая две принципиально разные области графика. Если \nu < \nu_0, то фотоэффекта нет.

Если же \nu > \nu_0, то максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно растёт с частотой.



Теперь, наоборот, фиксируем частоту и меняем интенсивность света. Если при этом \nu < \nu_0, то фотоэффект не возникает, какова бы ни была интенсивность! Не менее удивительный факт обнаруживается и при \nu > \nu_0: максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов от интенсивности света не зависит.

Все эти факты нашли отражение во втором и третьем законах фотоэффекта.

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

**Третий закон фотоэффекта**. *Для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта — наименьшая частота света \nu_0, при которой фотоэффект ещё возможен. При \nu < \nu_0 фотоэффект не наблюдается ни при какой интенсивности света*.

**Основные формулы и определения**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Фотоэффект*:   * внешний * внутренний * вентильный |  | Явление взаимодействия света с веществом, в результате которого энергия фотонов передается электронам вещества. Вырывание связанных электронов из вещества под действием света. Открыт Г. Герцем (1887); изучен А. Столетовым: объяснен А. Эйнштейном (1905);  изменение концентрации носителей в веществе, следовательно, изменение электрической проводимости данного под действием света;  возникновение под действием cвета ЭДС в системе, содержащей контакт двух *раз*личных полупроводников или полупроводника и металла |
| Фотоэлектроны |  | Электроны, выбиваемые с металлических пластин светом |
| Фототок |  | Ток, образованный фотоэлектронами |
| Задерживающее напряжение *U3* [В] |  | Напряжение, при котором работа задерживающего электрического поля равна максимальной кинетической энергии электронов:  еU = \*Vm2 |
| Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта  h\*ϑ = = Aвых.+\*Vm2 |  | Энергия *hv* фотона расходуете работу выхода *Авых* электрона из металла и на сообщение электрону кинетической \*Vm2  Частный случай закона сохранения и превращения энергии примените фотоэффекту |
| «Красная граница» фотоэффекта |  | Наименьшая частота vKp (или наибольшая длина волны λкр.), при которой энергия падающих фотонов *hvKp* равна выхода *Авых:*  h\*ϑ =Aвых; = Aвых |
| Работа выхода *А* вых. (Дж). (эВ)  1эВ = 1,66\*10-19 Дж |  | Зависит от природы вещества |

**1.Проработать учебный материал, составить краткий конспект.**

**2.Решить задачи.**

1.Определить красную границу фотоэффекта у хлористого натрия работа выхода электронов которого равна 4,2 эВ.

***2.*** Каковы основные положения квантовой теории

***3.*** Красная граница фотоэффекта у натрия на вольфраме 590 нм. Определить работу выхода электронов у натрия на вольфраме

4. Работа выхода электронов у закиси меди 5,15 эВ. Вызовет ли фотоэффект ультрафиолетовое излучение с длиной волны 300 нм**?**

**Отчет присылать на электронную почту nade2hda.boyko@yandex.ru**