**Дата** 09.12.2020

**Группа** 20-ЭК-1д

**Дисциплина** Естествознание (физика)

**Тема урока** Квантовые свойства света

В разное время, объясняя природу света, ученые придерживались разных взглядов. Одни считали свет электромагнитной волной и обоснованно доказывали это, ссылаясь на явление интерференции, дифракции и поляризации света. Другие сторонники корпускулярной теории, представляли свет как поток частиц и также имели веские аргументы в подтверждение. Так, на основании корпускулярных представлений И. Ньютон объяснил прямолинейное распространение света и дисперсию света.

В то же время, в конце XIX в . благодаря исследованиям Т. Юнг и О.Ж.Френеля, а также объяснению природы света с помощью электромагнитной теории Дж. Максвелла в физике сложилось убеждение, что волновая теория способна объяснить любое световое явление. Поэтому, когда А.Эйнштейн распространил идею квантования энергии, высказанную М.Планком относительно теплового излучения, на световые явления, это было воспринято неоднозначно.

К тому времени ограниченный характер волновой теории света подтверждали также опыты Герца и результатом изучения явления фотоэффекта О.Г.Столетовым. Позднее, в 1922 квантовая природа светового излучения была экспериментально доказана А. Комптоном при наблюдении рассеяния рентгеновского излучения в веществе.

Свету свойственен корпускулярно-волновой дуализм - он имеет как непрерывные, волновые свойства, так и дискретные, корпускулярные.

Корпускулярную природу света в современной физике отображает понятие светового кванта, содержание которого описал А.Эйнштейн, распространив гипотезу Планка на световое излучение. По его формулировке, световой квант - это минимальная порция световой энергии, локализованная в частице, которая названа фотоном. Итак, **свет** с точки зрения квантовой теории - **это поток световых квантов - фотонов, движущихся со скоростью света.**

Фотону, как кванту излучения по гипотезе Планка соответствует энергия ε = hν. Как элементарная частица он имеет импульс р = mс. С учетом формулы взаимосвязи массы и энергии ε = mс2, его импульс равен:

р = mс= hν/с= h/ λ

Фотон - особенная элементарная частица. Он не имеет массы покоя (m0 = 0), то есть его нельзя остановить. Действительно, если бы была такая система отсчета, в которой он не двигался бы, то в такой системе теряет смысл само понятие света, ведь не происходит его распространение.

Масса фотона зависит от длины волны электромагнитного излучения. Так, для видимого света

(λ = 6·10-7 м) его масса равна 3,7 • 10-36 кг, а для рентгеновского излучения (λ = 10-9 м) -2,2 • 10-33 кг

В 1887 году Герц наблюдал явление, которое впоследствии стало толчком в развитии квантовых явлений о природе света. Во время облучения ультрафиолетовым светом отрицательно заряженной пластинки произошел более сильный электрический разряд, чем при отсутствии такого облучения. Как выяснилось позже, это было проявлением явления **фотоэффекта - выхода электронов из тела в другую среду или вакуум под действием электромагнитного излучения**. Этот вид фотоэффекта называют внешним, или фотоэлектронной эмиссией.

Фотоэффект является результатом трех последовательных процессов: поглощение фотона, в результате чего энергия одного электрона становится больше средней; движения этого электрона к поверхности тела выхода его за пределы тела в другую среду через поверхность раздела.

В 1888-1889 г. это явление подробно изучил русский ученый О. Столетов (1839-1896). Он изготовил конденсатор, одна из обкладок которого С была сетчатой, и включил его в электрическую цепь с гальванометром. Когда на отрицательно заряженную цинковую обкладку Р падает ультрафиолетовый свет, в кругу возникает ток, который фиксирует гальванометр. Если источник тока Е включить противоположно (обкладку Р присоединить к положительному полюсу), то тока в цепи не будет. С помощью потенциометра R напряжение на конденсаторе можно менять.

Позже были установлены такие законы фотоэффекта:

- Число электронов, вылетающих с поверхности тела под действием электромагнитного излучения, пропорциональное его интенсивности;

- Для каждого вещества в зависимости от ее температуры и состояния поверхности существует минимальная частота света;

- Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов зависит от частоты облучения и не зависит от его интенсивности.

При объяснении этих выводов на основе волновой теории возникли противоречия между ее положениями и полученными результатами. Это заставило ученых искать другое толкование механизма поглощения светового излучения. С этой целью А Эйнштейн применил квантовые представления о природе света и на их основе вывел уравнение фотоэффекта.

Как известно, для того чтобы электрон покинул твердое тело или жидкость, он должен выполнить работу выхода А0, то есть преодолеть энергетический барьер взаимодействия с атомами и молекулами, которые удерживают его внутри тела. По квантовой теории поглощения света, это передача фотонам всей своей энергии микрочастицам вещества.

Фотоэффект может произойти только при условии, что фотон имеет энергию превышающую работу выхода (hν> A0) если hν 0, то фотоэффект невозможен.

Если энергия фотона, передана электрону в результате поглощения света, больше работы выхода, то электрон приобретает кинетическую энергию.

По закону сохранения энергии:

hν= А+ mv2m / 2

Это соотношение называют уравнением Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. За объяснение законов внешнего фотоэффекта Эйнштейн в 1922 был удостоен Нобелевской премии.

Итак, обоснование явления фотоэффекта на основе квантовых представлений о природе света стало убедительным доказательством корпускулярных свойств электромагнитного излучения и начало развитие квантовой физики.

**Применение фотоэффекта**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название устройства** | **Принцип действия** | **Применение** |
| Фоторезистор | Изменение электропроводности под действием света | В фотореле (для автоматизации производственных процессов, для контроля качества), в фототелеграфе, в звуковом кино |
| Фотоэлемент | Преобразование световой энергии в электрическую | В солнечных батареях (на ИСЗ и космических кораблях), гелиотехнических установках, в фотоэкспонометрах, в телевизионной связи |

Химическое действие света. Фотография.

Химическое действие света проявляется в поглощении молекулами видимого и ультрафиолетового излучений и расщеплении этих молекул (выцветание тканей на солнце и образование загара).

Важнейшие химические реакции под действием света происходят в зеленых листьях и траве. Листья поглощают из воздуха углекислый газ и расщепляют его молекулы на кислород и углерод. Как установил русский биолог К.А.Тимирязев, это происходит в молекулах хлорофилла под действием красных лучей солнечного спектра. Этот процесс называют фотосинтезом. Химическое действие света лежит в основе фотографии.

Единство волновых и квантовых свойств света

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид излучения | Длина волны, м | Энергия фотона, эВ | Масса фотона, кг | Импульс, кг м/с |
| Радиоизлучение | 10 | 1,2\*10 -6 | 2,2\*10 -42 | 6,6\*10 -34 |
| Инфракрасное | 10 -6 | 1,2 | 2,2\*10 -36 | 6,6\*10 -28 |
| Видимое | 5\*10 -7 | 2,5 | 4,4\*10 -36 | 1,3\*10 -27 |
| Ультрафиолетовое | 10 -7 | 12,4 | 2,2\*10 -35 | 6,6\*10 -27 |
| Рентгеновское | 10 -9 | 1,2\*10 3 | 2,2\*10 -33 | 6,6\*10 -25 |
| Гамма-излучение | 10 -14 | 1,2\*10 8 | 2,2\*10 -28 | 6,6\*10 -20 |

Как изменяются энергия, масса и импульс фотонов при уменьшении длины волны?

В каких излучениях и почему заметнее проявляются волновые свойства? квантовые свойства?

Вывод: чем меньше длина волны (больше частота), тем больше энергия и импульс фотона и тем сильнее выраженные квантовые свойства света. При увеличении длины волны наиболее ярко проявляются волновые свойства. Свет обладает дуализмом (двойственностью свойств): при распространении проявляются его волновые свойства, а при излучении и поглощении (т.е. при взаимодействии с веществом) – корпускулярные (квантовые) свойства.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие два учения о природе света существуют в физике? Какие световые явления подтверждают их?

2. В чем заключается суть гипотезы Планка?

3. Что такое корпускулярно-волновой дуализм света?

4. В чем заключается суть квантования электромагнитного излучения?

5. Охарактеризуйте фотон как световой квант.

6. В чем заключается суть явления фотоэффекта?

7. Последовательностью которых процессов является фотоэффект?

8. Почему явление фотоэффекта наблюдается лишь при определенном присоединения источника тока?

9. Объясните суть каждого из законов фотоэффекта.

10. При каких условиях может происходить фотоэффект?

11. Почему красная граница фотоэффекта зависит от химической природы металла?

**Задача.** Для уничтожения микробов в операционном помещении используют бактерицидные лампы. Вычислить энергию кванта излучения такой лампы, если длина его волны 0,25 мкм. Почему видимый свет не оказывает бактерицидного действия? (8 \*10 -19Дж).

Преподаватель Исмаилова Зарема Исаевна