

11 КЛАСС**РАЗДЕЛ - 4****РАЗДЕЛ - 4****КВАНТОВАЯ ФИЗИКА****СОДЕРЖАНИЕ 4-го РАЗДЕЛА**

№ блока	Название блока	№ ОК	Параграфы учебника	«Повторим теорию»	Стр.
Блок 11	Световые кванты	52 - 56	§87 – 92	Лист – 11	2 - 8
Блок 12	Атомная физика	57 - 61	§93 – 96	Лист – 12	9 - 15
Блок 13	Физика атомного ядра. Элементарные частицы	62 - 67	§97 - 115	Лист - 13	16 - 24

Сокращения и обозначения:

№ОК – номера опорных конспектов в данном пособии;

Параграф учебника – параграфы учебника « Физика – 11 класс – классический курс – Г.Я.Мякишев, Б.Б.Буховцев, Н.Н.Сотский;

«Повторим теорию» - листы с вопросами для уроков «Повторим теорию»;

Стр. – номера страниц данного пособия

РАЗДЕЛ-4**БЛОК - 11****БЛОК-11****СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ**

Содержание опорного конспекта	Стр. №	Параграфы учебника	Лист - 11
ОК – 11.11.52	3	§87	1 - 5
1.Основные положения квантовой физики			
2.Явление фотоэффекта			
ОК – 11.11.53	6	§87	6,7
1.Законы фотоэффекта			
2.Красная граница фотоэффекта			
ОК – 11.11.54	9	§88,89	8 - 12
1.Уравнение Эйнштейна			
2.Основные свойства фотона.			
3.Основные характеристики фотона			
ОК – 11.11.55	12	§90	13 - 24
1.Фотоэлементы с внешним фотоэффектом			
2.Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом			
ОК – 11.11.56	15	§91,92	25 - 35
1.Давление света			
2.Химическое действие света			

ОК – 11.11.52

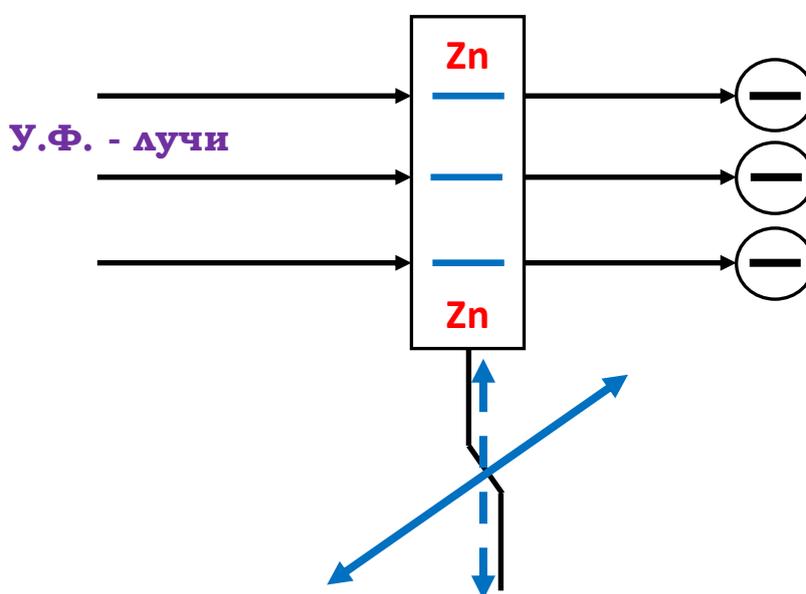
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

1900г. (нем.) – Макс Планк

1. Свет может излучаться, распространяться и поглощаться только отдельными порциями - квантами;
2. Энергия кванта $E = h\nu$ $h = 6,63 * 10^{-34}$ Дж * с – постоянная Планка;
3. Интенсивность света зависит от плотности потока фотонов и их энергии;
4. При взаимодействии с веществом квант полностью поглощается или отражается;
5. Процесс поглощения энергии кванта веществом происходит мгновенно.

ЯВЛЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА

1886-87г. - Г.Герц



Явление испускания электронов веществом под действием падающего светового потока называется **внешним фотоэффектом**

Пояснения к ОК-11.11.52

1.Зарождение квантовой физики

В 1865г. Максвеллом был сделан вывод о том, что свет - это электромагнитная волна. Но до начала XX века в физике не было ясно, как вещество излучает свет.

Дело в том, что вплоть до начала XX изучались в основном явления, происходящие в макромире. А испускание света связано с процессами, происходящими в микромире.

Возникновение квантовой физики связано с исследованиями, выполненными немецким физиком Максом Планком.

Найденные экспериментально распределение энергии в спектре и зависимость характера распределения от температуры нуждались в теоретическом объяснении.

Электродинамика Максвелла приводила к бессмысленному выводу, согласно которому нагретое тело непрерывно теряя энергию вследствие излучения электромагнитных волн, должно охладиться до нуля. Однако повседневный опыт показывает, что ничего подобного не происходит.

Многочисленные попытки ученых объяснить механизм излучения с позиций классической физики не имели успеха. Не избежал неудачи и Планк.

Но, проанализировав, причины своей неудачи он пришел к выводу, что законы излучения электромагнитных волн классической физики не применимы к атомам нагретого тела.

2.Основные положения квантовой физики

В 1900г. немецкий физик М.Планк выдвинул гипотезу, согласно которой:

1.Свет может излучаться, распространяться и поглощаться только отдельными порциями-квантами (фотонами).

2.Энергия кванта зависит от частоты (длины волны) света и определяется формулой:

$$E = h\nu = \frac{ch}{\lambda}$$

где h – постоянная Планка, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж*с

c – скорость света.

3. Интенсивность света зависит от плотности потока фотонов и их энергии.

4. При взаимодействии света с веществом квант (фотон) может поглотиться целиком или отразиться целиком, поэтому в природе нет дробных квантов.

5. Процесс поглощения энергии кванта (фотона) веществом (электроном) происходит мгновенно, поэтому процесс поглощения квантов безынерционный.

3. Явление фотоэффекта

Внешним фотоэффектом называется явление испускания электронов веществом под действием падающего светового потока.

Впервые обнаружил и дал описание внешнего фотоэффекта из металлов Г.Герц в 1887г.

Для обнаружения фотоэффекта можно использовать электромметр с присоединённой к нему цинковой пластины.

Если зарядить пластину положительно, то освещение пластины ультрафиолетовой лампой не влияет на быстроту разрядки электромметра.

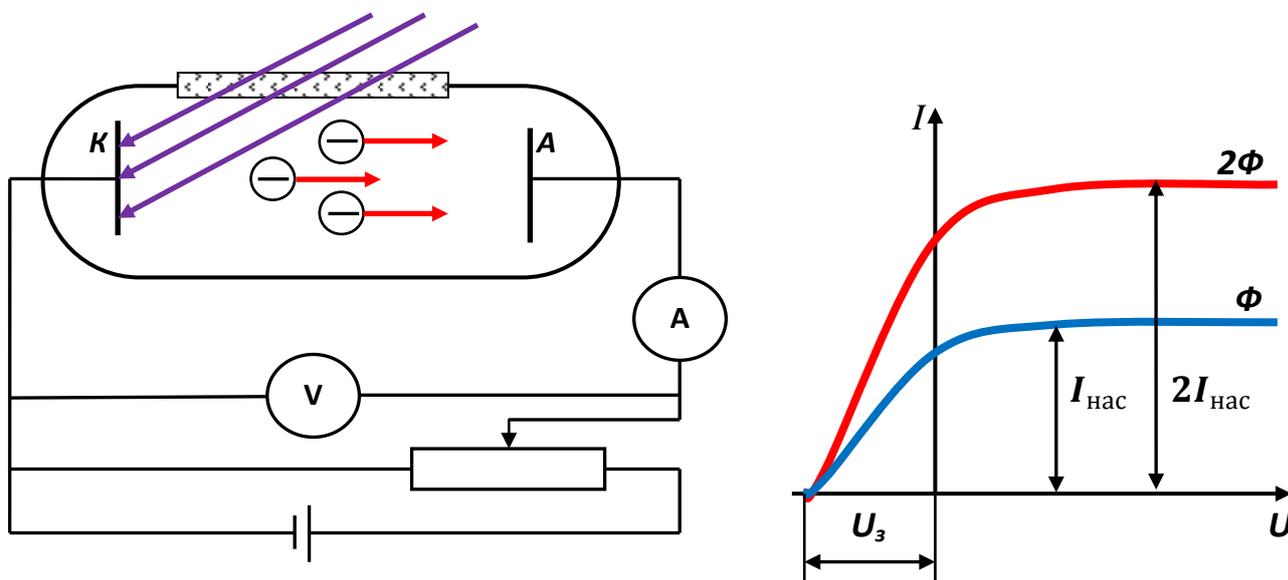
Но если зарядить пластину отрицательно, то световой пучок от лампы разряжает электроскоп очень быстро.

Объяснить это можно так. Свет вырывает с поверхности пластины электроны, они покидают пластину и электроскоп разряжается. При положительном заряде пластины — вырванные светом электроны притягиваются к пластине и снова оседают на ней. Поэтому заряд электроскопа не изменяется.

ОК – 11.11.53

ЗАКОНЫ ФОТОЭФФЕКТА

1888-1890г. – А.Г. Столетов



1 закон - Фототок насыщения прямопропорционален световому потоку.

2 закон - Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности излучения и определяется только его частотой.

если $U = U_{\text{зап.}}$, то $I = 0$

$$\text{ЗСЭ} - E_{\text{к}} = A = \frac{m_e v^2}{2} = eU_{\text{зап.}}$$

Минимальная частота волны для каждого вещества, при которой наблюдается фотоэффект, называется **красной границей фотоэффекта**

3 закон – Красная граница фотоэффекта определяется только материалом электрода и не зависит от интенсивности излучения.

4 закон – Фотоэффект практически безынерционен

Пояснения к ОК-11.11.53

Законы фотоэффекта

Законы фотоэффекта исследовал и установил в 1888-1890гг. профессор МГУ-А.Г.Столетов.

Свои исследования Столетов проводил на установке приведенной на рисунке (см.рис. в ОК).

I закон фотоэффекта

Свет проникает через кварцевое окошко в вакуумный баллон и освещает катод. Электроны, испущенные, вследствие фотоэффекта перемещаются под действием электрического поля к аноду. Возникающий при этом фототок измеряется гальванометром. Напряжение между анодом и катодом можно изменять с помощью реостата.

Если при неизменном световом потоке повышать напряжение, то фототок начале возрастает, а затем становится постоянным, т.е. перестает зависеть от напряжения. Наибольший фототок, получающийся при неизменном световом потоке, называется *фототоком насыщения*.

Он получается, при таких напряжениях, когда все электроны, вырванные световым потоком из катода, достигают анода.

Увеличивая световой поток и измеряя фототок насыщения, можно установить I закон фотоэффекта.

Фототок насыщения прямопропорционален световому потоку.

Зависимость силы тока от напряжения при разных световых потоках показана на рисунке (см.рис. в ОК).

II закон фотоэффекта

Если при неизменном световом потоке уменьшать напряжение, то при достаточно малых значениях напряжения фототок начинает уменьшаться, но при напряжении равном нулю, ток в цепи не исчезает.

Для того, чтобы фототок стал равным нулю нужно приложить некоторое задерживающее отрицательное напряжение (поменять полярность). Оно должно быть таким, чтобы электроны обладающие при вылете из катода даже наибольшей скоростью не могли преодолеть задерживающее электрическое поле и достигнуть анода.

Между максимальной начальной скоростью вылетающих электронов и задерживающим напряжением существует соотношение

$$\frac{m_e V_{max}^2}{2} = eU_{зап.}$$

При изменении интенсивности света задерживающее напряжение не меняется. Это означает, что не меняется кинетическая энергия электронов. С точки зрения волновой теории света этот факт не понятен. Ведь чем больше интенсивность света, тем большие силы действуют на электроны стороны электромагнитного поля световой волны, и тем большая энергия должна передаваться электронам.

Итак, **максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит интенсивности излучения и определяется только его частотой.**

Если частота меньше определенной (для данного вещества) минимальной частоты, то фотоэффекта не происходит.

*Эта минимальная частота волны получила название **красной границы фотоэффекта**.*

III закон фотоэффекта

Опыты с электродами из различных материалов позволили установить III закон фотоэффекта

Красная граница фотоэффекта определяется только материалом электрода и не зависит от интенсивности излучения.

IV закон фотоэффекта

Фотоэффект практически безынерционен.

ОК – 11.11.54

УРАВНЕНИЕ ЭЙНШТЕЙНА

$$h\nu = A_{\text{ВЫХ}} + \frac{m_e V_{\text{max}}^2}{2}$$

Энергия порции света идёт на совершение работы выхода (т.е. работы, которую нужно совершить для извлечения электрона из металла) и на сообщение электрону кинетической энергии

Условие существования фотоэффекта

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{A_{\text{ВЫХ}}}; \quad \nu_{\text{min}} = \frac{A_{\text{ВЫХ}}}{hc}$$

Основные свойства фотона

Фотон (от др.гр. «свет») —

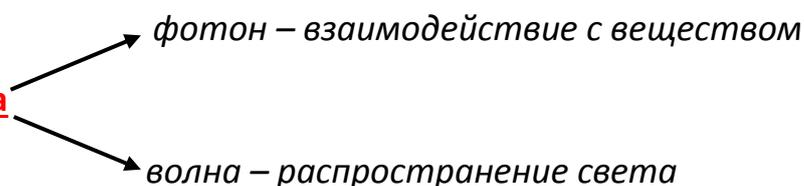
элементарная частица, квант электромагнитного излучения

- является частицей электромагнитного поля,
- движется со скоростью света,
- существует только в движении,
- масса покоя равна нулю.

Основные характеристики фотона

Энергия фотона	$E = h\nu = \frac{h\omega}{2\pi} (\omega = 2\pi\nu)$
Масса фотона	$E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{h\nu}{c^2}$
Импульс фотона	$p = mc = \frac{h\nu}{c^2} * c = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c}$

Дуализм свойств света



Пояснения к ОК-11.11.54

1. Объяснение законов фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна.

Все попытки объяснить явление фотоэффекта на основе законов электродинамики Максвелла оказались безрезультатными.

С точки зрения электромагнитной теории - электромагнитная волна, достигнув металла, вызывает вынужденные колебания электронов, отрывая их металла. Но тогда требуется время для "раскачки" электронов, и при малой освещенности металла должно возникнуть заметное запаздывание между началом освещения и моментом вылета электронов.

Понадобился гений Эйнштейна. (При присуждении ему Нобелевской премии в 1921г. в решении комитета указывалось, что премией отмечаются "...важные математико-физические исследования и особенно открытие законов фотоэффекта".)

Формула, предложенная Эйнштейном проста на вид. С ней может соперничать его же знаменитое $E=mc^2$.

$$h\nu = A_B + \frac{m_e v_{\max}^2}{2}$$

Энергия порции света идет на совершение работы выхода (т.е. работы, которую нужно совершить для извлечения электрона из металла) и сообщение электрону кинетической энергии.

Квантовая теория дает объяснение законам фотоэффекта.

I закон.

При увеличении интенсивности монохроматического излучения растёт число поглощенных металлом квантов, и следовательно, число вылетающих из него электронов, поэтому фототок прямопропорционален интенсивности излучения.

II закон.

Из уравнения Эйнштейна видно, что кинетическая энергия зависит только от рода металла и от частоты излучения, т.е. от величины квантов, а от интенсивности излучения не зависит.

$$\frac{m_e v_{\max}^2}{2} = A_B - h\nu$$

III закон.

Если величина квантов меньше работы выхода, то при любой интенсивности излучения электроны вылетать из металла не будут. Длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта для какого-либо металла можно найти из формулы

$$\frac{hc}{\lambda_{\text{кр.}}} = A_{\text{вых.}}; \quad \lambda_{\text{кр.}} = \frac{hc}{A_{\text{вых.}}}; \quad \nu_{\text{min}} = \frac{A_{\text{вых.}}}{hc}$$

Работа выхода определяется только родом вещества.

Для цинка красной границе соответствует длина волны равная $3,7 \cdot 10^{-7}$ м (ультрафиолетовое излучение), поэтому фотоэффект прекращается с помощью стеклянной пластинки задерживающей ультрафиолетовые лучи.

IV закон.

Электрон поглощает энергию кванта практически мгновенно (10^{-9} с). При фотоэффекте электрон вылетает из металла также мгновенно.

При прекращении облучения электромагнитными волнами, мгновенно превращается выход электронов из металла.

2. Фотоны

Электромагнитное излучение имеет квантовый характер, распространяется и поглощается веществом в виде отдельных частиц электромагнитного поля - фотонов. (Эйнштейн-1905г.)

Очень часто идею квантов света приписывают М.Планку. На самом деле Планк выдвинул гипотезу о том, что свет поглощается и испускается порциями, но он *не утверждал*, что распространение света можно рассматривать как распространение фотонов. Идея фотонов принадлежит А.Эйнштейну (1905 г.).

Свойства света, обнаруживаемые при излучении и поглощении называются *корпускулярными*.

Сама же световая частица получила название *фотона* или *кванта*.

Основные свойства фотона:

- является частицей электромагнитного поля,
- движется со скоростью света,
- существует только в движении,
- масса покоя равна нулю.

Основные характеристики фотона:

1. Фотон обладает определенной порцией энергии $E = h\nu$.

Энергию фотона часто выражают не через ν , а через циклическую частоту $\omega = 2\pi\nu$. При этом в качестве коэффициента пропорциональности вместо h используют величину \hbar (аш с чертой).

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

тогда энергия фотона будет равна

$$E = h\nu = \hbar\omega$$

Из-за того, что постоянная Планка мала, энергия фотонов видимого света крайне незначительна.

2. Согласно теории относительности $E = mc^2$; $E = h\nu$

$$m = \frac{h\nu}{c^2}$$

Фотон не имеет массы покоя, т.е. он не существует в состоянии покоя, а при рождении сразу приобретает скорость света.

3. Фотон обладает импульсом

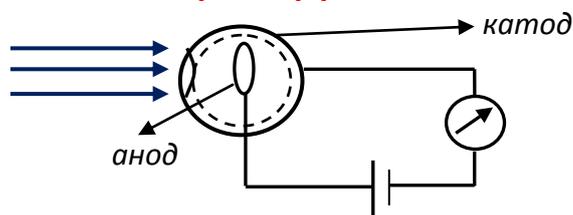
$$p = mc = \frac{h\nu}{c^2} * c = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Чем больше частота, тем больше энергия и импульс фотона и тем отчетливее выражены корпускулярные свойства фотона.

ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА

ОК – 11.11.55

1. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом



Достоинства: безынерционность, пропорциональность силы фототока и интенсивности излучения.

Недостатки: слабый ток в цепи, слабая чувствительность к длинноволновому излучению, хрупкость, сложность изготовления.

Применение: световая сигнализация, освещение на улицах, прессы, типография, звуковое кино.

Внутренний фотоэффект – 1873г. Мей и Смит – селен.

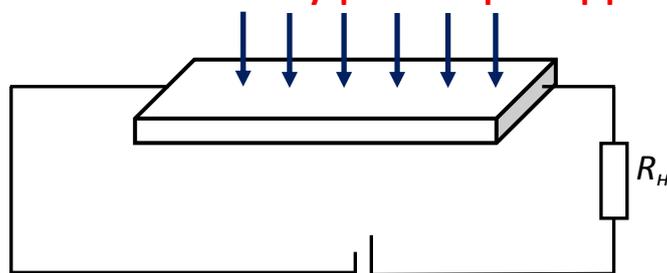
- увеличение электропроводности в полупроводниках, вызванное их облучением.

Различие между внутренним и внешним:

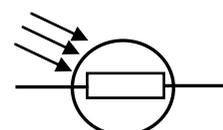
- при внешнем фотоэффекте электроны вырываются из вещества, а при внутреннем - остаются внутри него.

-внутренний фотоэффект можно вызвать более длинноволновым излучением. У некоторых полупроводников фотоэффект создается инфракрасными лучами.

2. Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом



Фотосопротивление - п/п прибор, сопротивление которого зависит от освещенности

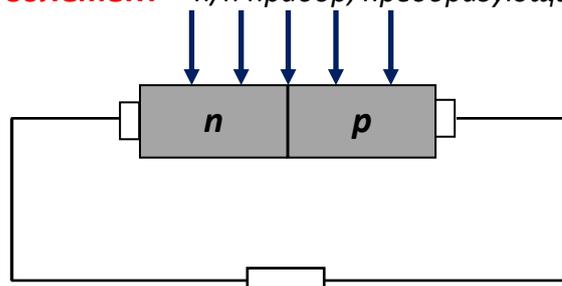


Достоинства: высокая фоточувствительность, большой срок службы, малые размеры, простота изготовления, возможность выбора для нужного интервала длин волн.

Недостатки: зависимость сопротивления от температуры, отсутствие прямой пропорциональности между силой тока и интенсивностью освещения, влияние на величину сопротивления окружающей среды, инерционность.

Применение: автоматическое управление электрическими цепями с помощью световых сигналов

Фотоэлемент – п/п прибор, преобразующий световую энергию в электрическую.



Применение:

- солнечные батареи,
- люксметры,
- фотоэкспонометры

Пояснения к ОК-11.11.55

Применение фотоэффекта.

Ценность науки состоит не только в том, что она выясняет сложное многообразное строение окружающего нас мира, но и в том, что оно дает в руки средства, используя которые можно совершенствовать производство, улучшать условия материальной и культурной жизни общества.

Открытие законов фотоэффекта дало возможность изобрести особые устройства *фотоэлементы*, в которых энергия света управляет энергией электрического тока или преобразуется в нее.

1. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом

Такой фотоэлемент, представляет собой колбу, в которой создан глубокий вакуум. Часть внутренней поверхности колбы покрыта тонким слоем металла с малой работой выхода. Это *катод*.

Через окошко свет проникает внутрь колбы. В центре которой расположена проволочная петля или диск - *анод*, который служит для управления электронами.

При прохождении света на катод в цепи возникает электрический ток, который приводит в действие то или иное реле.

Комбинация фотоэлемента с реле позволяет конструировать множество различных видящих автоматов.

К достоинствам таких фотоэлементов относится их безынерционность и пропорциональность силы фототока интенсивности излучения, что позволяет использовать их для различных измерений.

К недостаткам относятся: слабый ток в цепи, но его можно усилить, недостаточная чувствительность к длинноволновому излучению, хрупкость и сложность изготовления.

Вакуумные фотоэлементы применяются в схемах световой сигнализации, для освещения на улицах, в прессах, в типографии, а также в звуковом кино для воспроизведения звука, записанного на киноплёнке.

2. Внутренний фотоэффект

Английские электрики Мей и Смит при испытании подводного кабеля **в 1873г.** применили в качестве изоляции — селен. В процессе испытаний Мей заметил, что при освещении сопротивление селена уменьшается.

Объяснить это можно так: при обычных условиях в полупроводниках очень мало электронов и дырок, поэтому полупроводники имеют большое сопротивление.

При облучении полупроводников связанные электроны поглощают проникающие в него кванты и переходят в свободное состояние.

Увеличение электропроводности в полупроводниках вызванное облучением полупроводника называют **внутренним фотоэффектом**.

Различие между внутренним и внешним заключается в следующем: при внешнем фотоэффекте электроны вырываются из вещества, а при внутреннем - остаются внутри него.

-внутренний фотоэффект можно вызвать более длинноволновым излучением. У некоторых полупроводников фотоэффект создается инфракрасными лучами.

3. Фотосопротивления

Это приборы, сопротивление, которых зависит от освещенности. На явлении фотопроводимости, или внутреннего фотоэффекта основано устройство и действие приборов, называемых *фотосопротивлениями*.

Фотосопротивление состоит из полупроводника обладающего значительной фоточувствительностью с большой поверхностью для облучения. Так как излучение проникает в полупроводник на небольшую глубину, то нет смысла делать фотосопротивление толстым.

К достоинствам фотосопротивлений относятся:

- высокая фоточувствительность,
- большой срок службы,
- малые размеры,
- простота изготовления,
- возможность выбора фотосопротивления для нужного интервала длин волн

К недостаткам относятся:

- зависимость сопротивления от температуры,
- отсутствие прямой пропорциональности между силой тока в цепи и интенсивностью освещения,
- влияние на величину сопротивления окружающей среды,
- инерционность, но это не следствие свойства фотоэффекта, а следствие инертности, которой обладает явление рекомбинации пар электрон-дырка при изменении интенсивности протекания фотоэффекта.

Фотосопротивления применяются для автоматического управления электрическими цепями с помощью световых сигналов.

Для автоматического управления различными производственными процессами часто применяют фотореле. Оно состоит из фотоэлемента, усилителя фототока и электромагнитного реле.

Одна из особенностей фотосопротивлений - это возможность использовать их в цепях переменного тока, т.к. их сопротивление не зависит от направления тока.

4. Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом

Большое распространение получили кремниевые фотоэлементы. При освещении тонкого наружного слоя *p-типа* в нем генерируются пары электрон-дырка. Не успев рекомбинировать они попадают в *p-n-переход*. В нем происходит разделение зарядов - под действием сил контактного электрического поля электроны перебрасываются в *n-область*, а дырки в *p-область*. При освещении-между электродами возникает ЭДС.

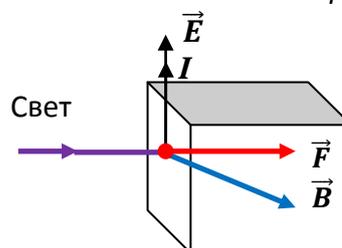
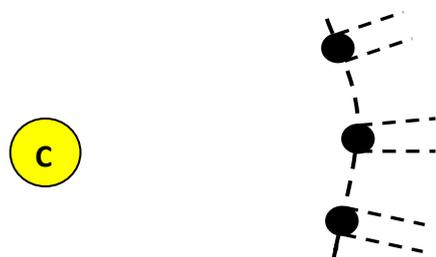
Такие источники тока используются в солнечных батареях, устанавливаются на всех космических кораблях, а также являются основной частью люксметров-приборов для измерения освещенности, а также фотоэкспонометров - приборов для измерения освещенности.

ДАВЛЕНИЕ СВЕТА

ОК – 11.11.56

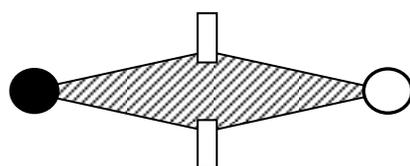
1619г. –И.Кеплер –наблюдал хвосты комет

1873г.- Дж.Максвелл – предсказал на основе электромагнитной теории



Сила Лоренца –
сила светового
давления

1900г. П.Н.Лебедев – измерил давление света



$$P_{\text{света}} = 4,8 * 10^{-8} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$p = \frac{E_e}{c} (1 + \rho)$$

Радиометрический эффект

$$F_{\text{рад}} > F_{\text{св.давл.}} \text{ в } 1000 \text{ раз}$$

Конвекционные силы

$$F_{\text{конв}} > F_{\text{св.давл.}} \text{ в } 10\,000 \text{ раз}$$

Для устранения посторонних сил приняты меры:

- большой сосуд, тонкие крылышки, глубокий вакуум, свет попеременно

1903г. – измерено световое давление на газы! (Внутри звезд!!!)

Опыты П.Н.Лебедева показали:

- свет производит давление на поглощающие и отражающие поверхности,
- сила светового давления пропорциональна энергии падающего луча и не зависит от цвета,
- свет обладает массой, импульсом,
- подтвердилась гипотеза Кеплера

ХИМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ СВЕТА

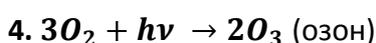
Фотохимические реакции – молекула вещества поглощает фотон

Наиболее активные лучи – синие, фиолетовые и ультрафиолетовые

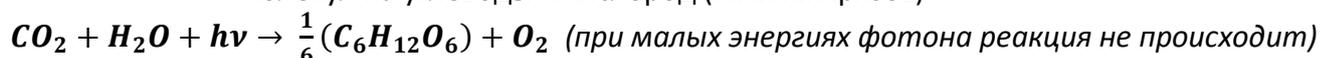
Примеры:



3. Выцветание красок



5. **Фотосинтез** – усвоение растениями углекислого газа из воздуха и расщепление его молекул на углеводы и кислород (К.А.Тимирязев)



Пояснения к ОК-11.11.56

Давление света

В 1619г.И.Кеплер заметил, что хвост комет всегда направлен от Солнца.

В 1873г.Дж. Максвелл на основе электромагнитной теории света предсказал, что свет должен оказывать давление на препятствия. Под действием электрического поля волны электроны в телах совершают колебания. Образуется электрический ток. Этот ток направлен вдоль напряженности электрического поля. На упорядоченно движущиеся электроны действует сила Лоренца со стороны магнитного поля. Это и есть сила светового давления.

Направление этой силы определяется с помощью правила левой руки.

Впервые давление света измерил Петр Николаевич Лебедев в 1900г.

На тонкой упругой кварцевой нити было подвешено коромысло с крылышками на концах, сделанными из металлической фольги. Одно из крылышек было покрыто черным слоем сажи.

Крылышки облучались светом от мощного источника. Это приводило к повороту коромысла и закручиванию упругой нити.

Зная угол поворота коромысла, его длину, площадь и упругие свойства нити можно определить *световое давление*.

При проведении опытов Лебедев столкнулся с двумя побочными явлениями.

Радиометрический эффект.

Под действием света крылышки нагреваются. При этом черное крылышко нагревается сильнее блестящего. Так как температура черного - больше температуры блестящего, то черное передает молекулам газа больший импульс противоположного направления.

В результате возникает закручивающий момент, который примерно 1000 раз больше закручивающего момента, вызванного световым давлением.

Конвекционные силы.

При нагревании диска лучами одновременно нагреваются и прилегающие ему слои и газы, при этом образуется разность температур, что приводит к образованию конвекционных потоков.

Оказалось, что конвекционные силы в десятки тысяч раз превышали силы светового давления.

Для устранения посторонних сил были приняты следующие меры:

- выбран большой сосуд,
- крылышки были изготовлены очень тонкими,
- в сосуде был создан глубокий вакуум,
- свет на крылышки падал попеременно.

В 1903г.Лебедеву удалось осуществить еще более тонкий эксперимент и измерить световое давление на газы.

Световое давление не играет никакой роли в явлениях, с которыми сталкиваемся в жизни. Внутри звезд при температуре в десятки градусов давление электромагнитного излучения должно достигать громадной величины.

Это давление играет существенную роль во внутризвездных процессах.

Опыты Лебедева показали:

- падающий пучок света производит давление на поглощающие, и на отражающие поверхности,
- сила светового давления прямо пропорциональна энергии падающего луча, не зависит от цвета,
- свет обладает массой,
- подтвердилась гипотеза Кеплера.

После опытов Лебедева давление света стали учитывать во всех вопросах касающихся космических процессов.

Расчет давления света

Согласно вычислениям, проведенным по электромагнитной теории Максвелла, давление, оказываемое падающей электромагнитной волной, составляет

$$p = \frac{E_e}{c} \quad [1]$$

где E_e – энергия всех фотонов, т. е. энергетическая освещенность поверхности или количество энергии, падающей на единицу поверхности за единицу времени или интенсивность света.

Квантовая теория света объясняет световое давление как результат передачи фотонами своего импульса атомам или молекулам вещества.

Пусть на поверхность площади S перпендикулярно к ней каждую секунду падает N фотонов частоты ν . Каждый фотон обладает импульсом $p = h\nu/c$. Тогда ρN фотонов отразится от поверхности, а $(1 - \rho)N$ – поглотится.

где ρ – коэффициент отражения
если поверхность полностью поглощает лучи, то $\rho = 0$
если поверхность полностью отражает лучи, то $\rho = 1$

Каждый поглощенный квант света передаст поверхности импульс $h\nu/c$, а каждый отраженный – импульс $(h\nu/c) - (-h\nu/c) = 2h\nu/c$, так как при отражении направление импульса фотона изменяется на противоположное.

$$\sum p = p_{\text{отр}} + p_{\text{погл}} = \frac{2h\nu}{c} \rho N + \frac{h\nu}{c} (1 - \rho)N = \frac{h\nu}{c} N(2\rho + 1 - \rho) = \frac{h\nu}{c} N(1 + \rho), \quad [2]$$

где $h\nu N = E$ – энергия всех фотонов

Вычислим световое давление.

$$p = \frac{F}{S} - \text{давление}; F = \frac{\Delta p}{\Delta t} - \text{II закон Ньютона}; \Delta p - \text{изменение импульса}$$

$$p = \frac{\Delta p}{S \Delta t} - \text{давление}$$

$$\text{Получим } p = \frac{h\nu N}{cS \Delta t} (1 + \rho), \text{ где } h\nu N / S \Delta t = E_e$$

$$\text{тогда получим } p = \frac{E_e}{c} (1 + \rho) \quad [3]$$

Давление света на поверхность равно импульсу, который передают за одну секунду все N фотонов, падающих на 1 м^2 поверхности тела.

ВЫВОД: Выражения (1) и (3), выведенные на основе электромагнитной и квантовой теории совпадают. Таким образом, давление света одинаково успешно объясняется и волновой, и квантовой теорией.

Химическое действие света

В результате действия света в некоторых веществах происходят химические превращения - *фотохимические реакции*.

При фотохимических реакциях процесс сводится к поглощению молекул вещества фотона падающего света и химическому превращению молекулы, поглотившей свет. Наиболее активными лучами являются лучи с короткой длиной волны: *синие, фиолетовые и ультрафиолетовые* т. к. фотонам этого света соответствует большая величина энергии.

1. В некоторых случаях поглощение света вызывает разложение вещества, например, при освещении паров брома, молекула брома распадается на два атома.

2. Иногда свет служит как бы причиной начала процесса. Например, смесь водорода и хлора в стеклянном сосуде в темноте может оставаться без изменения. Но, стоит выставить сосуд на солнечный свет, как происходит немедленное соединение обоих газов в хлористый водород, сопровождаемое взрывом.

3. Длительное химическое действие света мы наблюдаем при выцветании красок, которое состоит чаще всего в окислении красящего вещества. При этом краски обесцвечиваются только в течении того времени, пока только они подвергаются воздействию света.

4. Химические реакции под действием света происходят в зеленых листьях деревьев и травы, в иглах хвои и многих других микроорганизмах.

В зеленом листе под действием Солнца происходят необходимые для всей жизни на Земле процессы. Они дают нам пищу, они же дают нам кислород для дыхания.

В растениях протекает реакция в результате которой образуются углеводы и выделение кислорода. Происходит это, как установил русский биолог К.А.Тимирязев в молекулах хлорофилла под действием красных лучей солнечного спектра. Этот процесс называется *фотосинтезом* он протекает только под действием света в определенном интервале спектра.

Механизм фотосинтеза не выяснен до конца. Классическая физика не могла объяснить фотохимические реакции. В квантовой физике это получило четкое объяснение: *атомы внутри молекулы удерживаются химическими связями, которые при поглощении молекулой фотона разрываются, в результате чего молекула распадается, но при малой энергии фотона фотохимическая реакция не происходит.*

Фотосинтез—основа жизни на Земле. Это единственный процесс, в результате которого органический мир за счет энергии излучения Солнца пополняет внутреннюю энергию, расходуемую в процессе жизнедеятельности, по современным представлениям почти весь кислород в атмосфере Земли образовался и поддерживается за счет фотосинтеза в листьях растений и зеленых водорослях.

5. Под действием ультрафиолетового излучения образуется озон.

6. Фотохимические явления лежат в основе фотографии.

Еще в 1839г. было замечено, что металлическая пластина покрытая йодистым серебром под влиянием света химически меняется.

Чувствительный слой фотопластинки состоит из маленьких кристалликов бромида серебра вкрапленных в желатин.

Процесс получения фотографии состоит из четырех этапов: *съемка, проявление, закрепление, копирование.*

а.Съемка состоит в получении на светочувствительном слое фотопленки помощью объектива действительного изображения фотографируемого объекта.

Под действием света молекулы бромистого серебра распадаются. В результате выделяются атомы серебра. При правильной экспозиции число выделившихся атомов серебра пропорционально освещенности. Количество выделившегося серебра мало и не может быть обнаружено при рассмотрении пленки. Полученное на фотопленке изображение называют скрытым изображением.

б.Проявление-это химическая обработка, в процессе которой скрытое изображение превращается в явное.

Суть проявления состоит в том, что под действием реактивов (гидрохинон, метол) происходит дальнейшее выделение серебра в тех зернах фотоэмульсии, в которых уже началось выделение серебра.

После проявления на фотопленке получается хорошо заметное глазом негативное изображение.

в.Закрепление - в ходе этого процесса происходит удаление из фотослоя всех не успевших разложиться светочувствительных зерен серебра. Если этого не сделать, то пленка на свету почернеет.

Для удаления из фотослоя не прореагировавших зерен серебра пленку опускают в гипосульфит.

Закрепление завершается тщательной промывкой в воде для удаления остатков, не прореагировавших светочувствительных зерен.

г.Копирование-процесс переноса изображения с фотопленки на фотобумагу, покрытую фотоувствительным слоем.

Полученное скрытое изображение также проявляют, закрепляют, промывают,сушат.

Повторим теорию!**СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ**

1. Изложите историю зарождения квантовой физики.
2. В чём заключаются основные положения квантовой теории света?
3. В чём состоит явление фотоэффекта? Когда и кем оно было открыто?
4. Нарисуйте схему установки опыта Герца и объясните в чём суть опыта?
5. Что называется внешним фотоэффектом?
6. Нарисуйте схему опыта А.Г. Столетова и объясните её.
7. Как были установлены законы фотоэффекта? Сформулируйте эти законы. Начертите вольт-амперную характеристику фотоэффекта и объясните её.
8. Напишите формулу Эйнштейна для фотоэффекта и объясните её физическую суть.
9. Дайте объяснение законам фотоэффекта с помощью квантовой физики.
10. Перечислите основные свойства фотона.
11. Назовите основные характеристики фотона.
12. Что понимают под словами корпускулярно-волновой дуализм?
13. Что называют фотоэлементом?
14. Нарисуйте и объясните устройство и принцип работы вакуумного фотоэлемента.
15. В чём достоинства и недостатки вакуумного фотоэлемента?
16. Для каких целей применяют вакуумные фотоэлементы?
17. Что называют внутренним фотоэффектом?
18. В чём принципиальное различие между внешним и внутренним фотоэффектом?
19. Что такое фотосопротивление?
20. Нарисуйте и объясните устройство и принцип работы фотосопротивления.
21. В чём достоинства и недостатки фотосопротивления?
22. Для каких целей применяют фотосопротивления?
23. Нарисуйте и объясните устройство и принцип действия полупроводникового фотоэлемента?
24. Каково назначение полупроводниковых фотоэлементов?
25. В чём состоит гипотеза И.Кеплера?
26. Как на основе электромагнитной теории Дж.Максвелл дал объяснение давлению света?
27. Расскажите об опыте П.Н.Лебедева по измерению светового давления.
28. С какими побочными эффектами П.Н.Лебедев столкнулся в своих опытах, и как он их устранил?
29. Чему равна сила светового давления, приходящаяся на 1 м^2 ?
30. Как объяснить световое давление на основе квантовых представлений о свете?
31. Что показали опыты П.Н.Лебедева?
32. Какие реакции называют фотохимическими, и как они происходят? Какие лучи являются наиболее активными для протекания фотохимических реакций?
33. Приведите примеры фотохимических реакций.
34. Что способствует обеспечению круговорота углерода и кислорода в природе?
35. Что называют фотосинтезом? Какова его роль в жизни Земли?