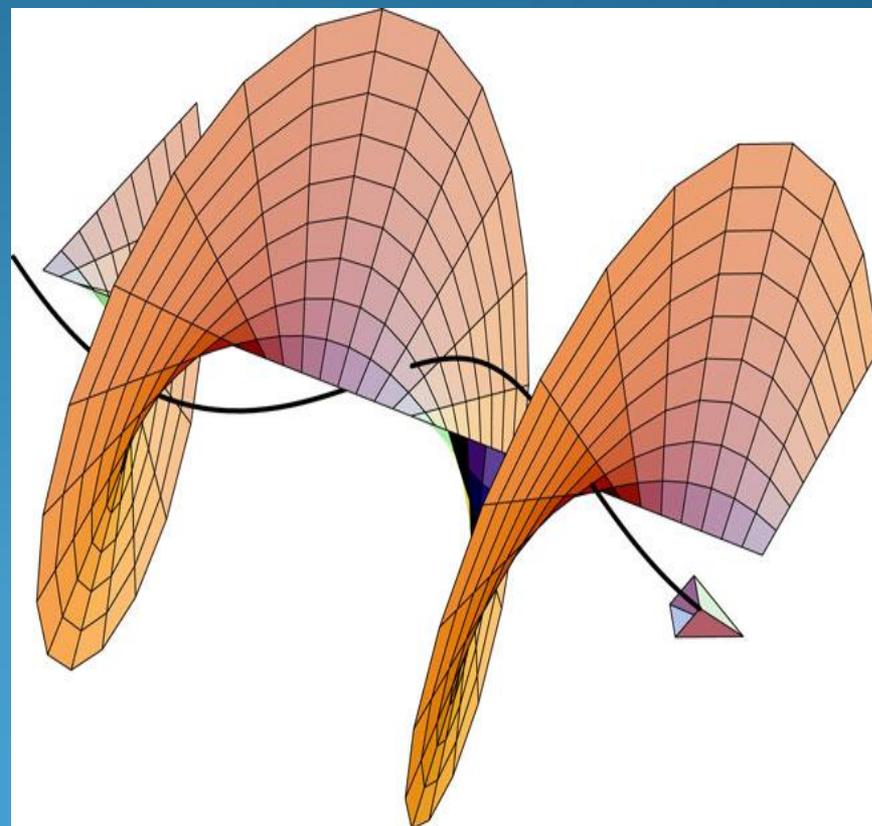


# Типы фотоэлементов. Давление света. Понятие о корпускулярно-волновой теории света.



# Повторение

- Кто открыл фотоэффект
- Кто исследовал это явление
- Кто теоретически объяснил фотоэффект
- Что называют фотоэффектом
- Закономерности фотоэффекта
- В чем заключается идея Макса Планка
- Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта
- Что называют работой выхода

## Корпускулярно-волновой дуализм.

Явления интерференции и дифракции света свидетельствуют и о **волновых свойствах света**. Свет обладает, таким образом, своеобразным дуализмом (двойственностью свойств). При распространении света проявляются его **волновые свойства**, а при взаимодействии с веществом (излучении и поглощении) — **корпускулярные**.

# Гипотеза де Бройля

Вопросом, что электрон и другие частицы обладают также и волновыми свойствами задавался французский ученый **Луи де Бройль** и в 1923 г. высказал необычную мысль....



# Гипотеза де Бройля

Предположив, что с движением частиц связано распространение некоторых волн, де Бройль сумел найти длину волны этих волн. Связь длины волны с импульсом частицы оказалась точно такой же, как и у фотонов

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

*формула де Бройля — одна из основных в физике микромира*

Предсказанные де Бройлем волновые свойства частиц впоследствии были обнаружены экспериментально.

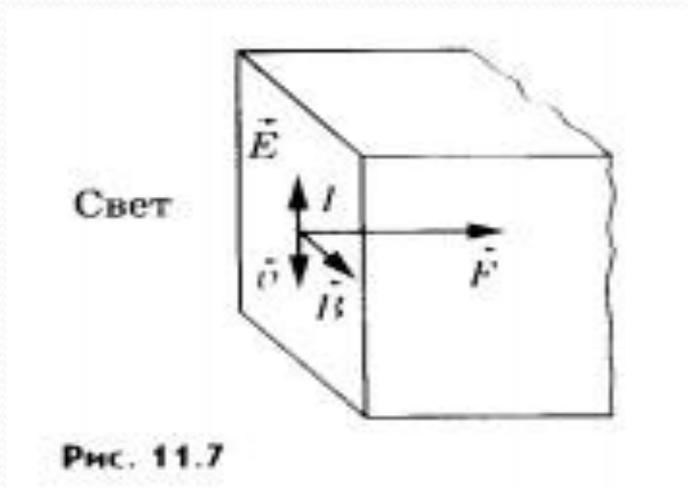
- **ФОТОН** — *элементарная частица, не имеющая массы покоя и электрического заряда, но обладающая энергией и импульсом.*
- Это **квант электромагнитного поля**, которое осуществляет взаимодействие между заряженными частицами. Поглощение и излучение электромагнитной энергии отдельными порциями — проявление корпускулярных свойств электромагнитного поля.
- **Корпускулярно-волновой дуализм** — **общее свойство материи, проявляющееся на микроскопическом уровне.**

# Давление света

- <https://www.youtube.com/watch?v=XS3609U8LaY>

## ДАВЛЕНИЕ СВЕТА

Под действием электрического поля волны, падающей на поверхность тела, например металла, свободный электрон движется в сторону, противоположную вектору. На движущийся электрон действует сила Лоренца, направленная в сторону распространения волны. Суммарная сила, действующая на электроны поверхности металла, и определяет силу светового давления.



Для доказательства справедливости теории Максвелла было важно измерить давление света. Многие ученые пытались это сделать, но безуспешно, так как световое давление очень мало. В яркий солнечный день на поверхности площадью  $1\text{ м}^2$  действует сила, равная всего лишь  $4 \cdot 10^{-6}\text{ Н}$ . Впервые давление света измерил русский физик **Петр Николаевич Лебедев** в 1900 г.



# Прибор Лебедева

Прибор состоял из очень легкого стерженька на тонкой стеклянной нити, но краям которого были приклеены легкие крылыпки. Весь прибор помещался в сосуд, откуда был выкачан воздух. Свет падал на крылышки, расположенные по одну сторону от стерженька. О значении давления можно было судить по углу закручивания нити.

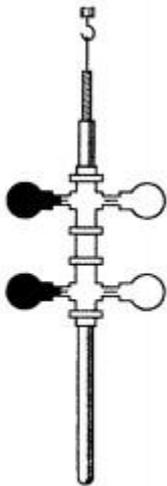


Рис. 11.8

**Давление света** согласно электродинамике Максвелла возникает из-за действия силы **Лоренца** на электроны среды, колеблющиеся под действием электрического поля электромагнитной волны.

# Фотоэлементы

- **Фотоэлементами** называют фотодиоды, фоторезисторы, фототранзисторы и другие светочувствительные приборы, используемые в качестве датчиков устройств, реагирующих на изменение интенсивности освещения.
- **Вакуумные фотоэлементы** (с внешним фотоэффектом) - практически безынерционны.
- **Полупроводниковые фотоэлементы** (с внутренним фотоэффектом) - инерционны, но обладают механической прочностью и высокой чувствительностью к различным областям спектра.
- Свойства фотоэлементов определяют области их применения.



# Вакуумные фотоэлементы

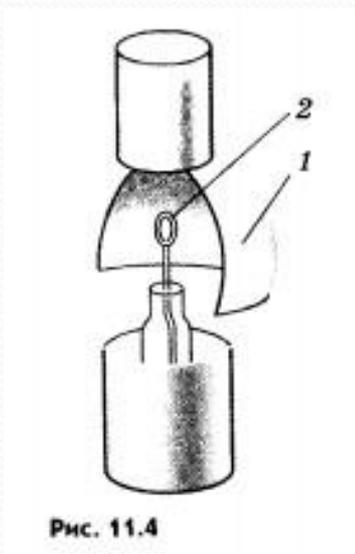


Рис. 11.4

Современный вакуумный фотоэлемент представляет собой стеклянную колбу, часть внутренней поверхности которой покрыта тонким слоем металла с малой работой выхода. Это катод 1. Через прозрачное окошко свет проникает внутрь колбы. В ее центре расположена проволочная петля или диск — анод 2, который служит для улавливания фотоэлектронов. Анод присоединяют к положительному полюсу батареи. Фотоэлементы реагируют на видимое излучение и даже на инфракрасные лучи.

# Полупроводниковые фотоэлементы

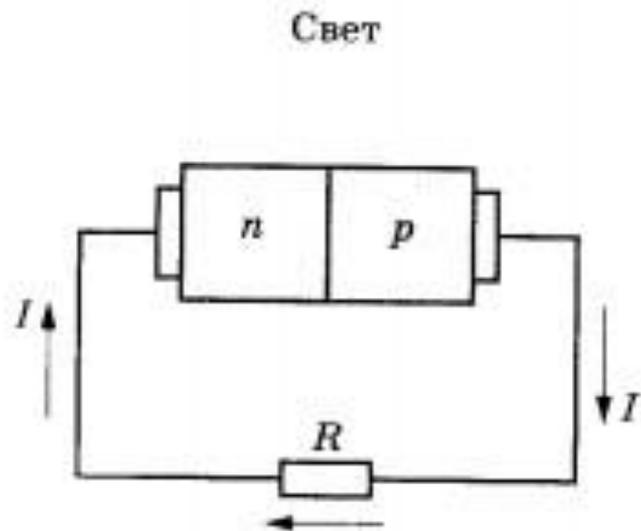


Рис. 11.5

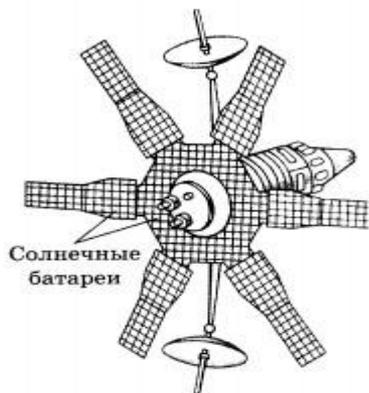


Рис. 11.6

Солнечные батареи.

На этом явлении основано устройство фоторезисторов — приборов, сопротивление которых зависит от освещенности. Кроме того, сконструированы **полупроводниковые фотоэлементы**, создающие ЭДС и непосредственно преобразующие энергию излучения в энергию электрического тока. ЭДС, называемая в данном случае фотоЭДС, возникает в области р—n-перехода двух полупроводников при облучении этой области светом. Под действием света образуются пары **электрон** — дырка. В области р—n-перехода существует электрическое поле. Это поле заставляет неосновные носители полупроводников перемещаться через контакт.

# Применение фотоэлементов

- Солнечные батареи
- В комбинации с реле – «видящие автоматы»  
(турникеты метро, маяки, уличное освещение и т.д.)
- Устройства, считывающие информацию с компакт дисков
- Измерители световых потоков
- Приемники изображений в телевидении и приборах ночного видения
- Звуковое кино

# Примеры применения фотоэлементов



Автоматические двери



Прибор ночного видения

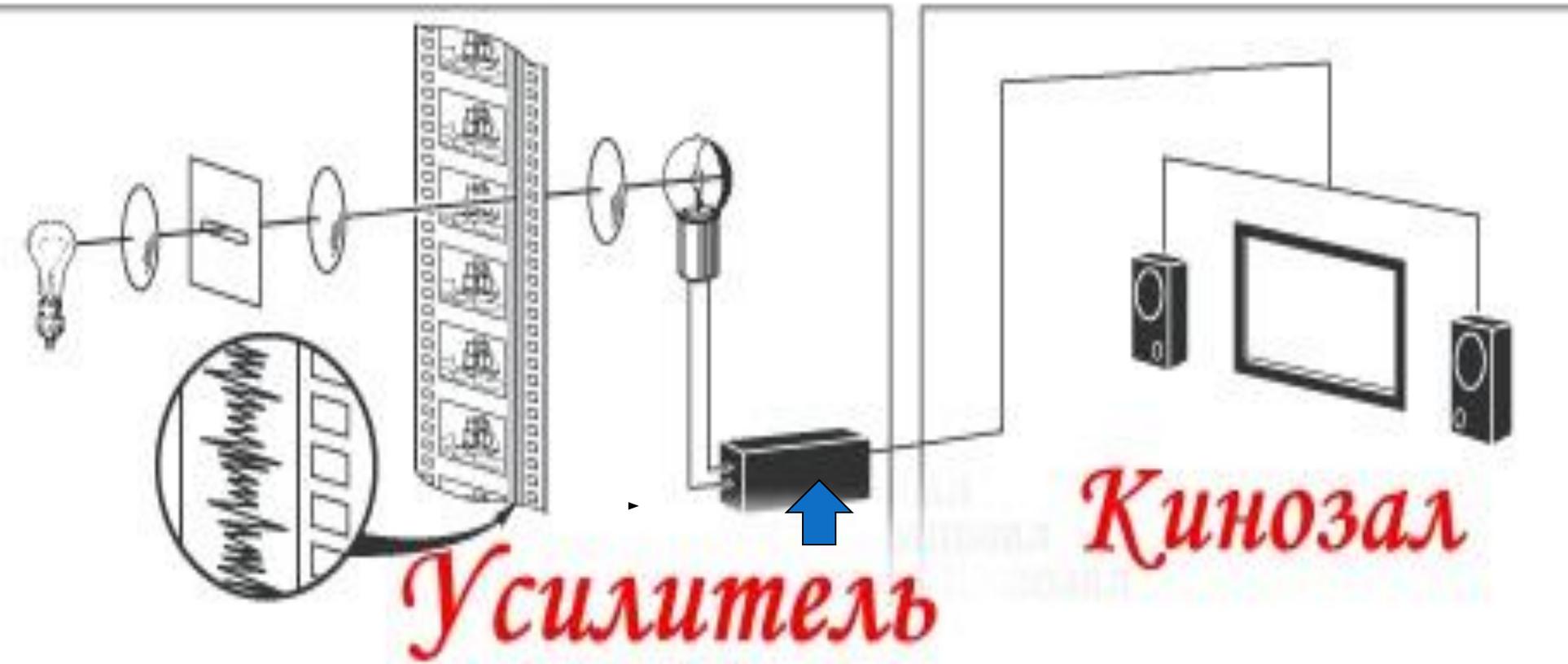


Инфракрасный датчик для дверей



Вид в приборе ночного видения

# Применение вакуумных фотоэлементов в звуковом кино



# Применение солнечных батарей на фотоэлементах



- Солнечная батарея спутника



- Космический корабль «Галилей»

# ХИМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ СВЕТА.

## ФОТОГРАФИЯ

- Отдельные молекулы поглощают световую энергию порциями — квантами  $h\nu$ . В случае видимого и ультрафиолетового излучений эта энергия достаточна для расщепления многих молекул. В этом проявляется химическое действие света.
- Важнейшие **химические реакции** под действием света происходят в зеленых листьях деревьев и траве, в иглах хвои, во многих микроорганизмах.
- Химическое действие света лежит в основе **фотографии**.  
<http://KasyuSh.Aztec.com.ua>
- Под действием *света происходят химические реакции, определяющие жизнь на Земле.*



# Вопросы для закрепления

- Что называют фотоэлементами
- Какие бывают фотоэлементы
- Применение фотоэлементов
- Корпускулярно-волновой дуализм
- Давление света

# Решение задач

№1140.

Какую максимальную кинетическую энергию имеют фотоэлектроны при облучении железа светом с длиной волны 200 нм? Красная граница фотоэффекта для железа 288 нм.

$E_k$  -?

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

$$\lambda_{max} = 288 \text{ нм}$$

$$\lambda = 200 \text{ нм}$$

$$h\nu = A + \frac{mU^2}{2} \quad \text{И} \quad c = \lambda\nu$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{max}} + \frac{mU^2}{2}$$

$$\Rightarrow E_k = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_{max}}$$

$$E_k = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 10^{-7}} - \frac{1}{2,88 \cdot 10^{-7}} \right) = 3 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}$$

Ответ: 1.88 эВ

# Решение задач

## №1138

Возникнет ли фотоэффект в цинке под действием облучения, имеющего длину волны 450 нм?

$\nu_{\min}$  -?

$$A = 4,2 \text{ эВ} = 4,2 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

$$A = h\nu_{\min} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}, \quad \Rightarrow \quad \lambda_{\text{max}} = \frac{hc}{A}$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,95 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}$$

$\lambda_{\text{max}} = 295 \text{ нм} < 450 \text{ нм} \Rightarrow$  фотоэффект наблюдаться не будет

Ответ: не будет

# Домашнее задание

- Конспект занятия
- Решить задачи:
- 1. Длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта, для натрия составляет 530 нм. Определите работу выхода электронов из натрия
- 2. Работа выхода из металла равна 4,28 эВ. Найти красную границу фотоэффекта.