

# ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА. ФОТОНЫ. ДАВЛЕНИЕ СВЕТА.

## План урока:

1. Проверка домашнего задания.  
Физический диктант.
2. Изучение нового материала.  
Сообщения учащихся.
3. Закрепление материала. Решение задач.
4. Домашнее задание.

# Энергетические единицы в электродинамике:

- 1 эВ - ...

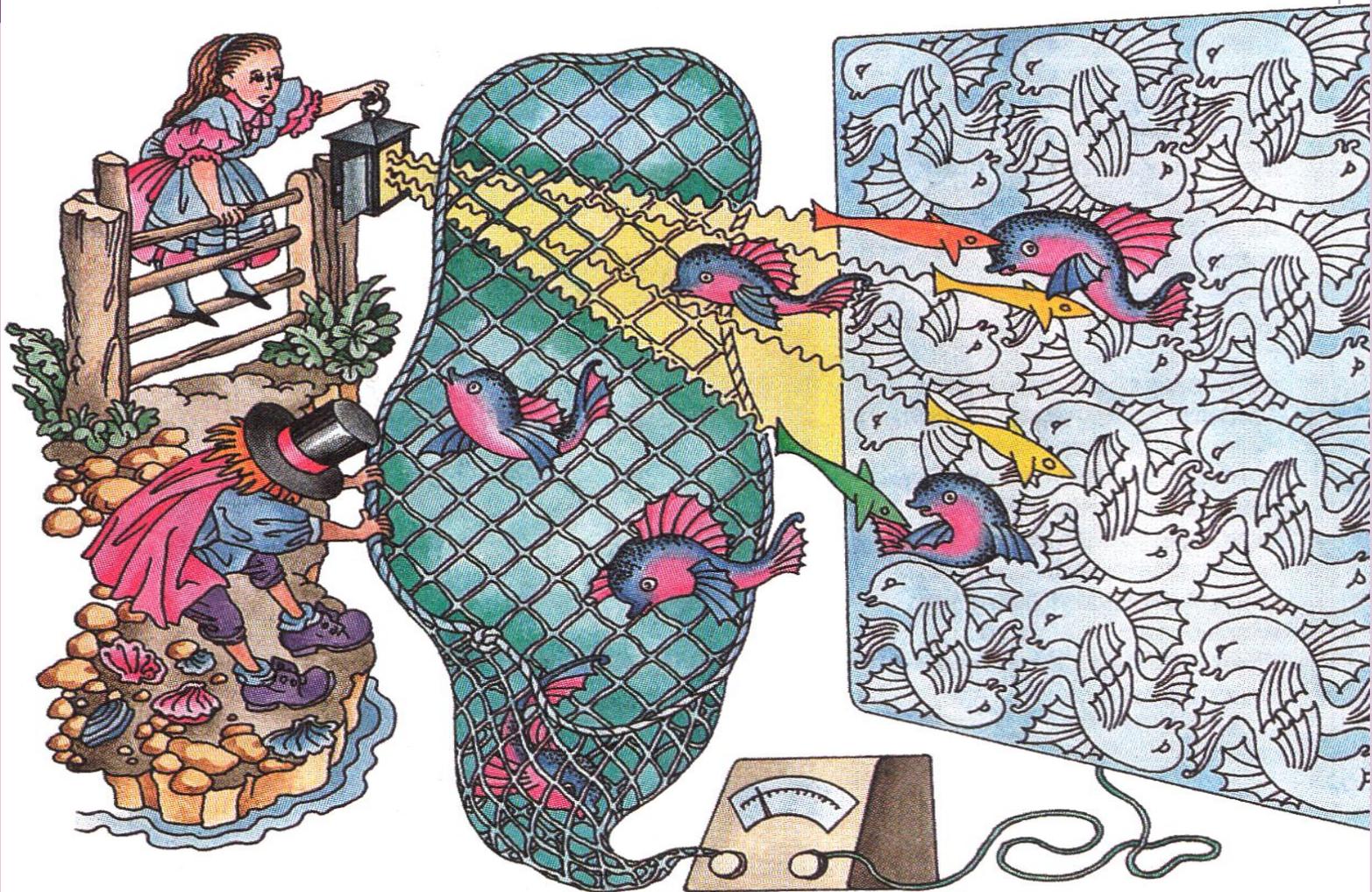
- 1 эВ – энергия, необходимая электрону для преодоления разности потенциалов 1 В.

- $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

- Чтобы перевести единицу измерения энергии из Дж в эВ нужно разделить полученную в Дж величину на  $1,6 \cdot 10^{-19}$

- Чтобы перевести единицу измерения энергии из эВ в Дж нужно умножить полученную величину на  $1,6 \cdot 10^{-19}$

# Продолжение разговора о корпускулярно-волновом дуализме

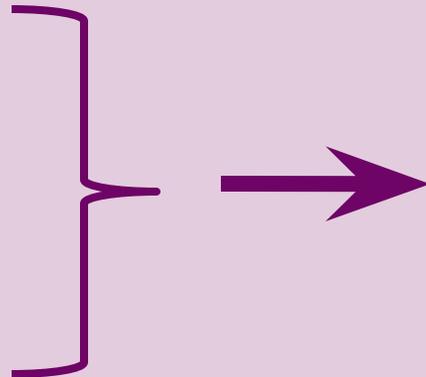


# ФОТОНЫ

- Фотон – световая частица (квант электромагнитного излучения).
- Фотон лишен массы покоя, т.е. он не существует в состоянии покоя, и при рождении сразу имеет скорость  $c$ .

$$E = h\nu$$

$$E = mc^2$$



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

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



# Гипотеза де Бройля

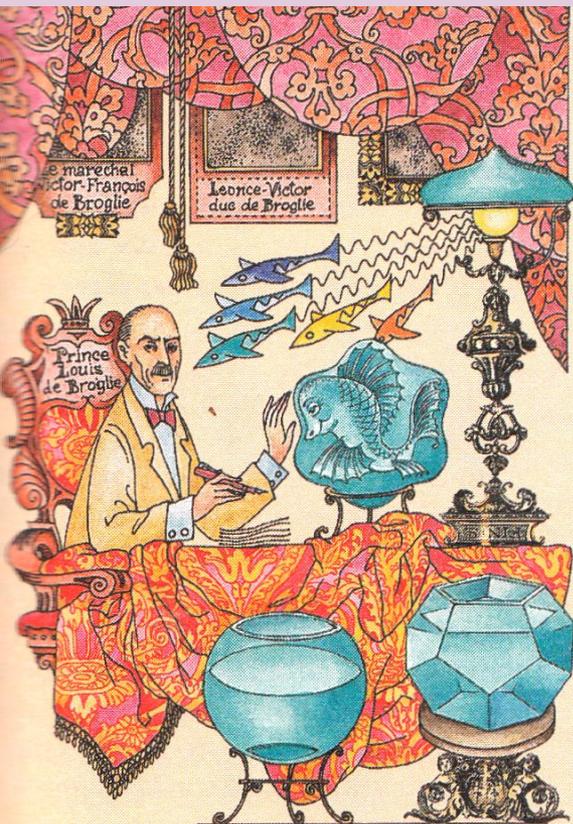
Частица массой  $m$ , движущаяся со скоростью  $V$ , характеризуется не только координатами, импульсом и энергией, но и подобно фотону частотой и длиной волны.

Эта необычная мысль была высказана французским ученым Луи де Бройлем в 1923 году.

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

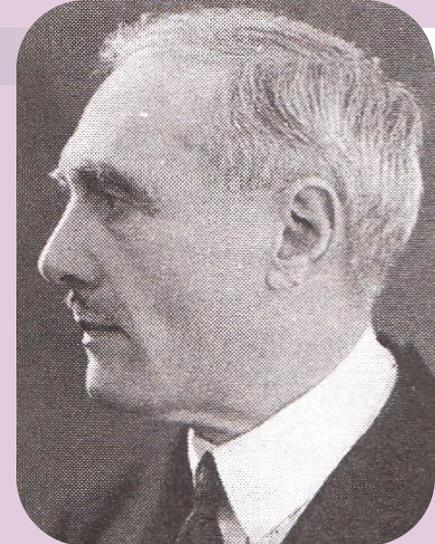


Гипотеза де Бройля была доказана экспериментально, но гораздо позднее



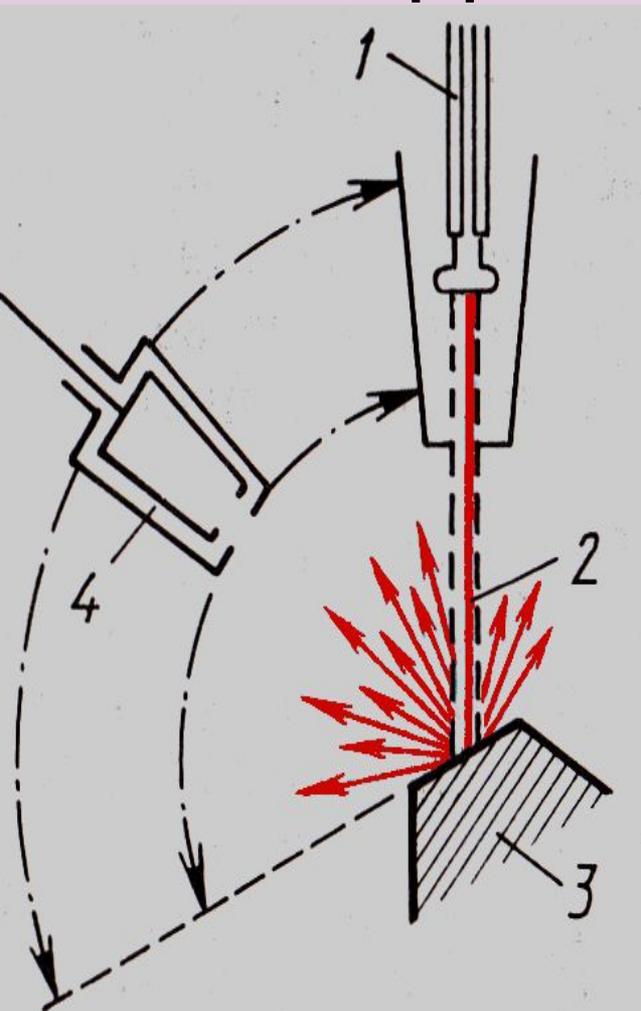


# НЕМНОГО О ЛУИ ДЕ БРОЙЛЕ

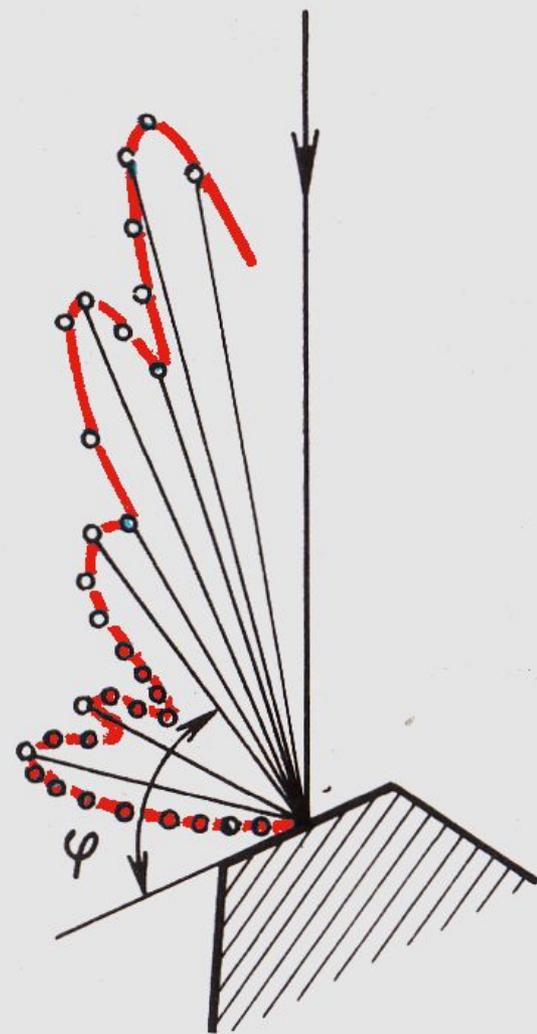


- Луи-Виктор-Пьер Раймон маркиз де Бройль (1892-1987), следуя семейным традициям, намеревался стать дипломатом и первоначально изучал в Сорбонне историю.
- Призыв в армию, первая Мировая война, знакомство со специалистами по рентгеновскому излучению расположили его к занятиям физикой.
- В ту же Сорбонну он предоставил докторскую диссертацию «Исследования по теории квантов», когда ему еще не было и 30 лет!
- Как и все мужчины в роду, Луи был австрийским принцем; но оставил после себя более ценное наследство: более 30 книг по различным вопросам физики.

# Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля – опыты Девиссона и Джермера (1927 г)

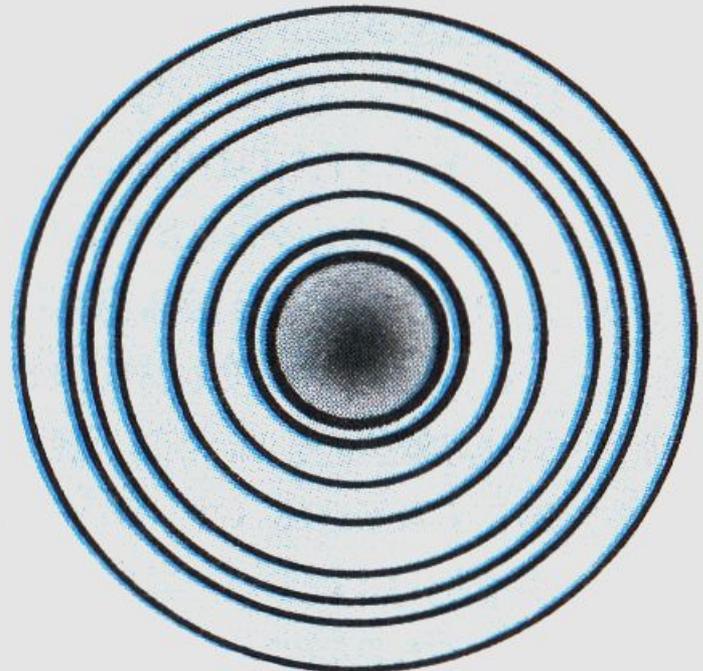
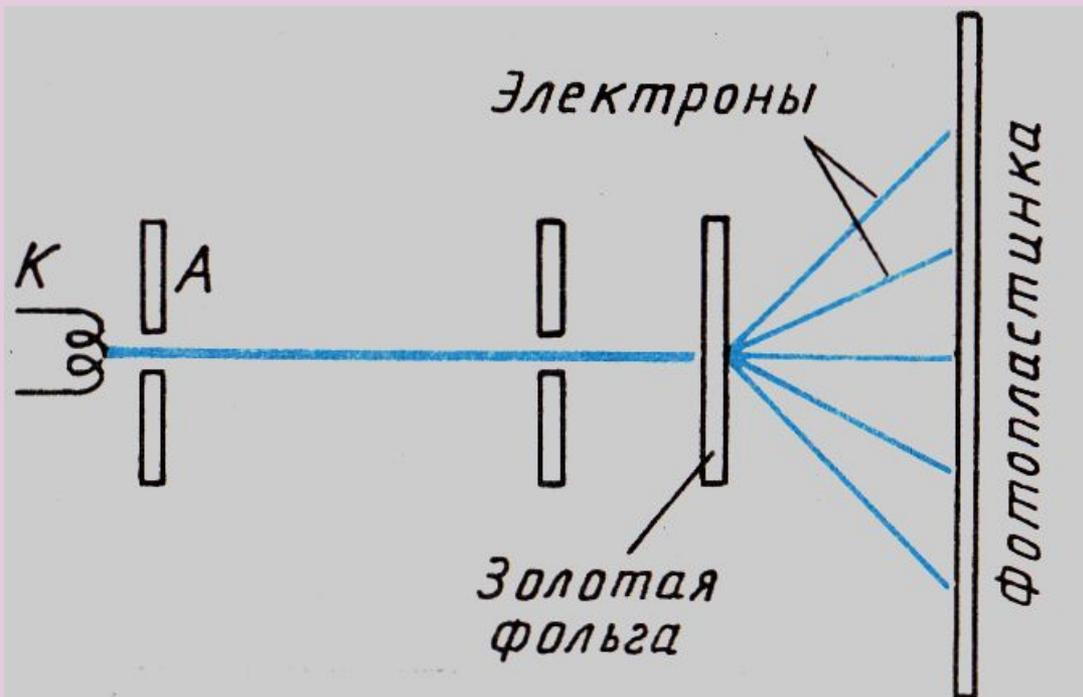


Пучок электронов отражается от поверхности монокристалла. Наличие максимумов и минимумов интенсивности при изменении угла падения получает качественное и количественное объяснение, если рассматривать кристалл как дифракционную решетку.



# Доказательство Томсона

- На фотопластинке за листом золота обнаруживается дифракционная картина. Размеры пятна и колец соответствуют результатам расчета дифракции волн де Бройля в кристалле.



# У НАС ЕСТЬ ДЛИНА ВОЛНЫ ?!

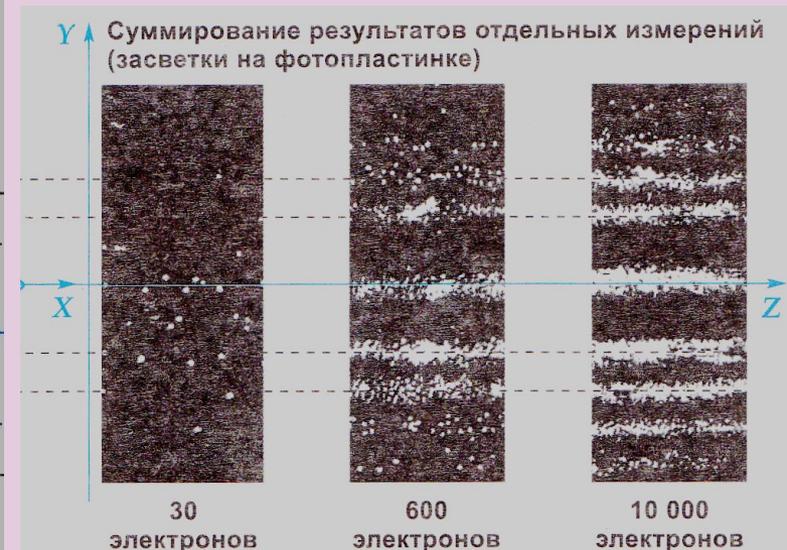
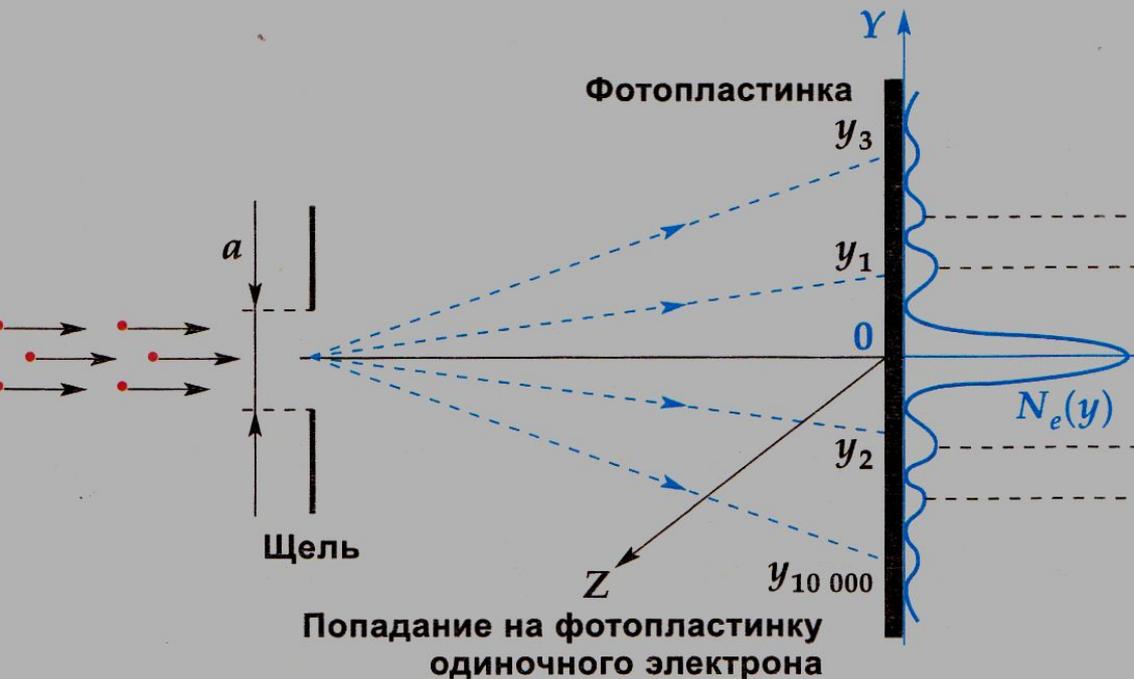
- Почему же волновые свойства не обнаруживаются у макроскопических тел?
- Ну почему же!...
- Вычислим длину волны для тела массой 1 г, движущегося со скоростью 0,5 м/с:

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{10^{-3} \cdot 0,5} \text{ м} \approx 10^{-30} \text{ м}$$

Это на 20 порядков меньше размеров атома! Тем не менее в настоящее время уже вычислены длины волн для некоторых атомов и даже молекул.

# ДИФРАКЦИЯ МИКРОЧАСТИЦ

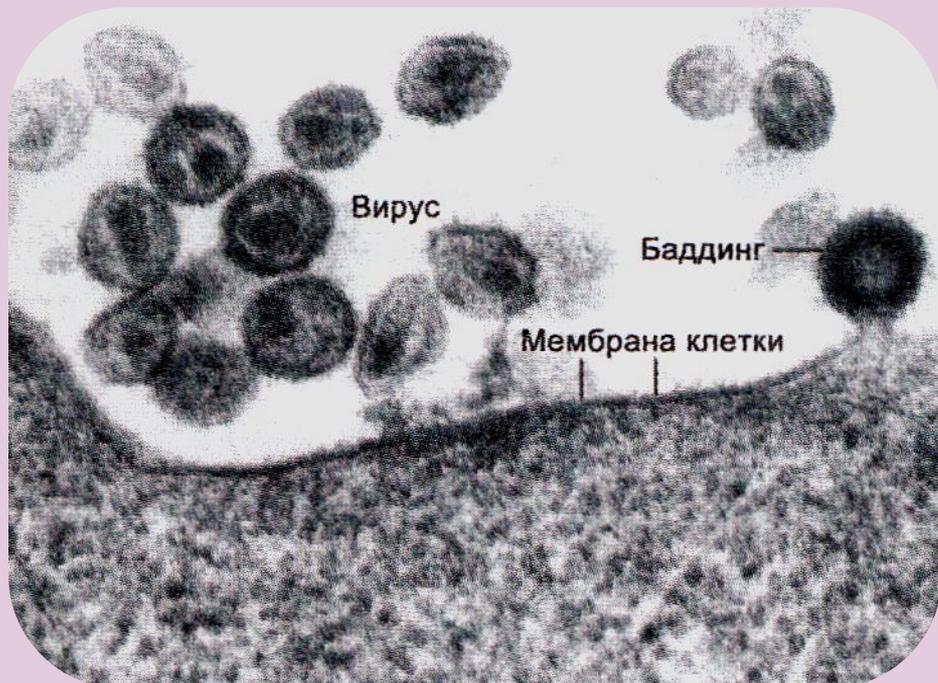
- Наличие волновых свойств у микрочастиц означает, что можно наблюдать их интерференцию и дифракцию.
- Также как и для фотона можно говорить лишь о вероятности попадания электрона в окрестность определенной точки.
- Дифракционная картина возникает потому, что вероятность попадания электрона в разные точки фотопластинки



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

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОНА.

- Волновые свойства электрона используют в электронном микроскопе, позволяющем, в частности, получать изображения вирусов.

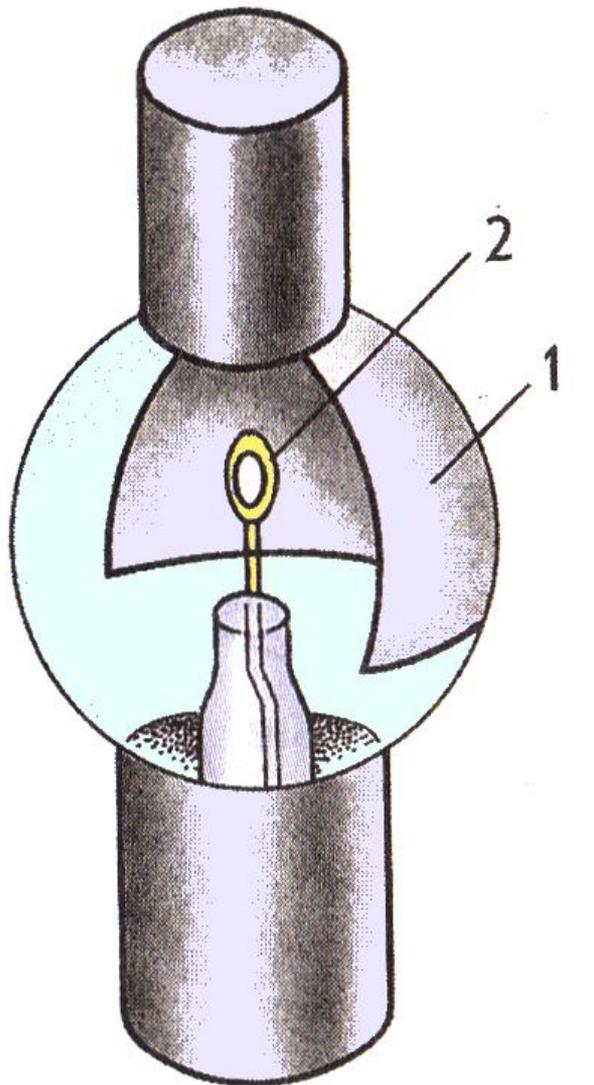


# ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА

- С помощью фотоэффекта «заговорило» кино и стало возможным телевидение; автоматические системы сборки в промышленности; всевозможные реле и регуляторы.



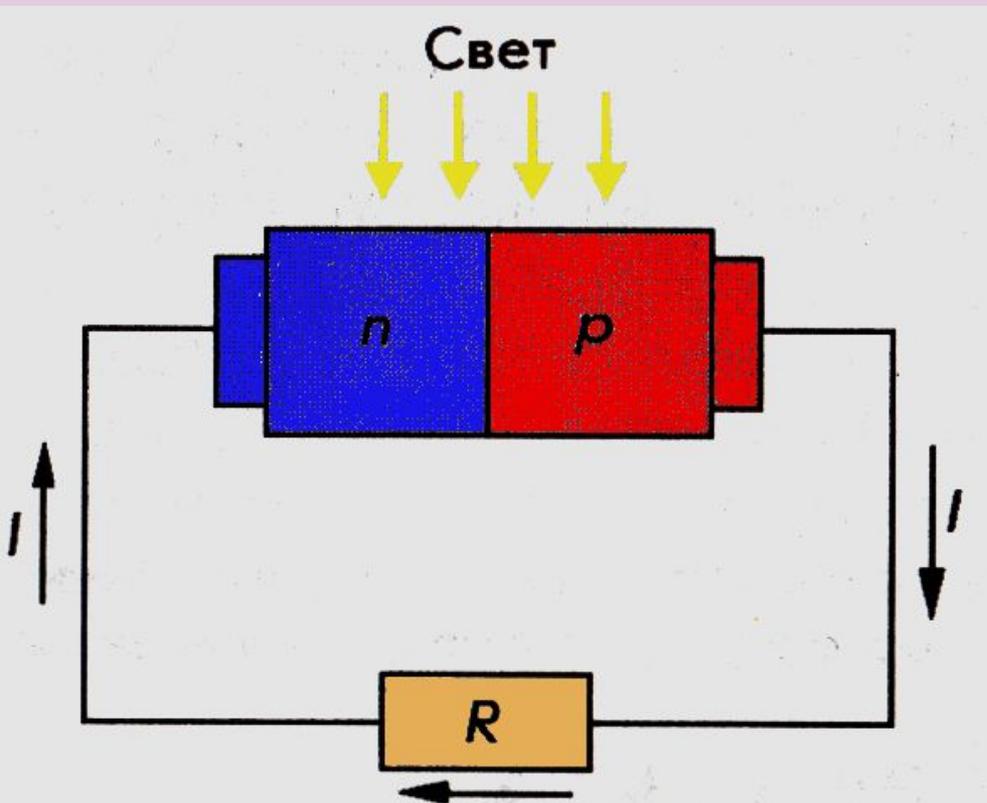
# ВАКУУМНЫЕ ФОТОЭЛЕМЕНТЫ



- Вакуумный фотоэлемент представляет из себя 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.
- При попадании света на катод фотоэлемента в цепи возникает электрический ток, который включает или выключает реле

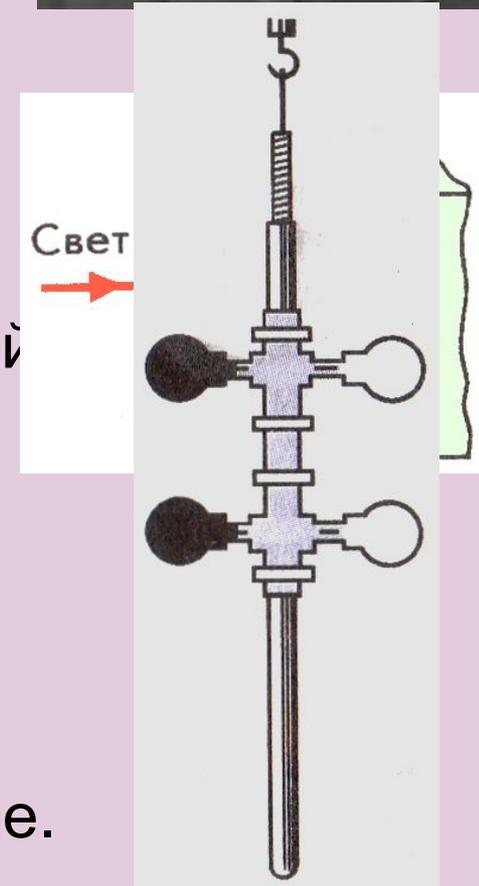
# Полупроводниковые фотоэлементы

- Разнообразное применение находит внутренний фотоэффект в полупроводниках. Это явление используется в фоторезисторах.



# ДАВЛЕНИЕ СВЕТА

- Впервые давление света измерил русский физик Петр Николаевич Лебедев.
- На упорядоченно движущиеся электроны действует сила Лоренца со стороны магнитного поля, направленная в сторону распространения волны.
- Это и есть сила светового давления.
- Молекулы, отражающиеся от более нагретой стороны, передают крылышку больший импульс, чем молекулы, отражающиеся от менее нагретой стороны.
- Согласно закону сохранения импульса, импульс тела равен импульсу поглощенных фотонов. Поэтому тело приходит в движение.



Решение

качественных



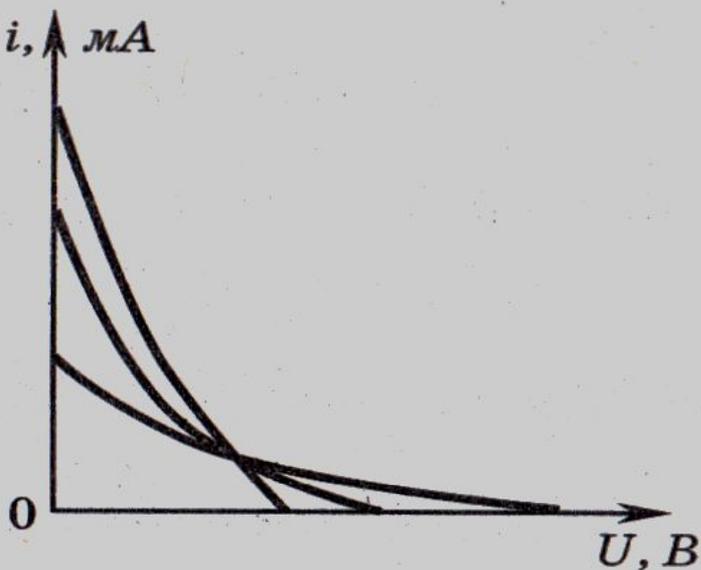
задач



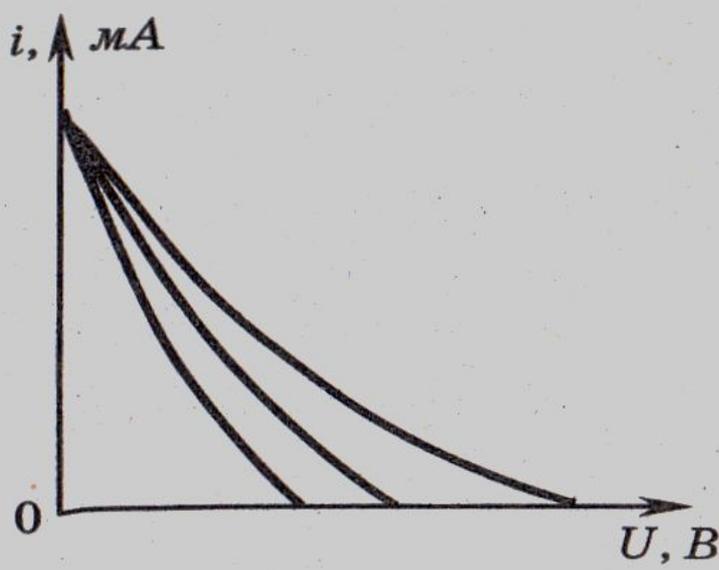
# Задача 7 а

При проведении опыта по фотоэффекту 3 раза изменяли частоту, но не изменяли интенсивности излучения. Какой чертеж соответствует эксперименту?

3)  $i, \text{мА}$



4)  $i, \text{мА}$



## Задача 8 а

■ Металлическую пластину освещали монохроматическим светом одинаковой интенсивности: красным, зеленым, синим. В каком случае максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов была наибольшей?

■ 1) при освещении инфракрасным светом

2) при освещении ультрафиолетовым

 излучением

 3) при освещении рентгеновским излучением

 4) во всех случаях одинакова



# Задача 11 а

■ Интенсивность света, падающего на фотокатод, уменьшилась в 5 раз. При этом уменьшается:

- 🔊 1) максимальная скорость фотоэлектронов
- 🔊 2) максимальная энергия фотоэлектронов
- 🔊 3) число фотоэлектронов
- 🔊 4) максимальный импульс фотоэлектронов

# Задача 12 а

- От чего зависит максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, выбиваемых из металла при фотоэффекте?
- А. от частоты падающего света
- Б. от интенсивности падающего света
- В. От работы выхода электронов из металла
-  1) только Б
-  2) А и Б
-  3) А и В
-  4) А, Б и В

## Задача 13 а

- При фотоэффекте работа выхода электрона из металла зависит от
  - 1) частоты падающего света
  - 2) интенсивности падающего света
  - 3) химической природы металла
  - 4) кинетической энергии вырываемых электронов.

# Задача 14 а

■ Кинетическая энергия электронов, выбиваемых с поверхности металла при фотоэффекте не зависит от:

■ А – частоты падающего света

Б – интенсивности падающего света

В – площади освещаемой поверхности.

■ 1) А, Б, В

2) А и Б

3) А и В

4) Б и В

# Задача 15 а

- При фотоэффекте работа выхода электрона из металла (красная граница фотоэффекта) **не зависит** от:
  - А – частоты падающего света
  - Б – интенсивности падающего света
  - В – химического состава металла
-  1) А, Б, В  2) Б и В
-  3) А и Б  4) А и В

## Задача 16 а

- При фотоэффекте задерживающая разность потенциалов зависит от:
- А – частоты падающего света
- Б – интенсивности падающего света
- В – угла падения света

 1) Б и В

 2) А

 3) А и В

 4) А, Б и В

# Решение

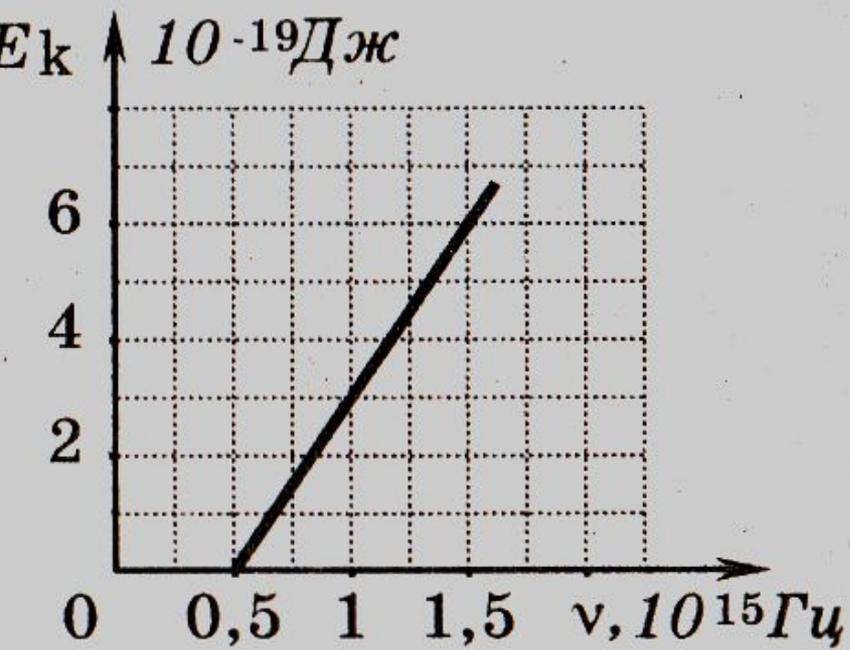
# КОЛИЧЕСТВЕННЫХ

# задач



# Задачи 21, 22

- Работа выхода для материала катода вакуумного фотоэлемента равна 1,5 эВ. Катод освещается монохроматическим светом, у которого энергия фотонов равна 3,5 эВ. Каково запирающее напряжение, при котором фототок прекратится?
- На неподвижную пластину из никеля падает электромагнитное излучение, энергия фотонов которого равна 8 эВ. При этом в результате фотоэффекта из пластины вылетают электроны с максимальной кинетической энергией 3 эВ. Чему равна работа выхода электронов из никеля?



## Задача 23

На рисунке показан график изменения максимальной энергии фотоэлектронов в зависимости от частоты падающего света. Чему равна работа выхода фотоэлектронов? По рисунку – красная граница фотоэффекта равна  $0,5 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ .

$$A = h \cdot \nu_{\text{max}}$$

$$\begin{aligned} A &= 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 0,5 \cdot 10^{15} \text{ Гц} = \\ &= 3,315 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \approx 2,1 \text{ эВ} \end{aligned}$$



# Домашнее задание

**упражнение**

**12**

**§ 90,91,92**