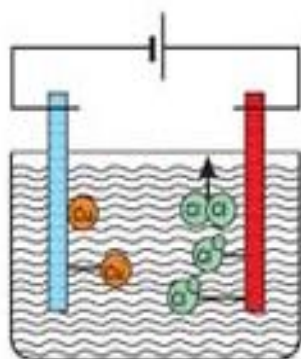
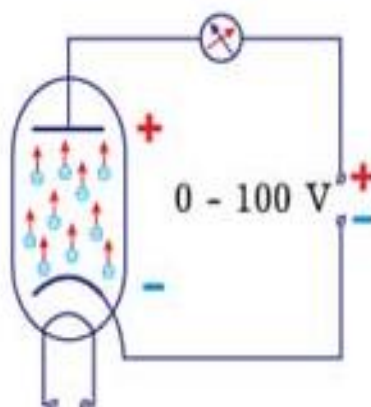


## ОТКРЫТИЕ ЭЛЕКТРОНА

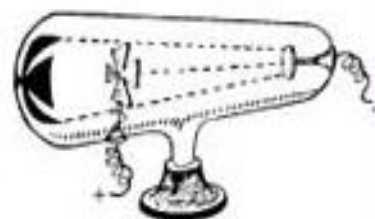
Электролиз



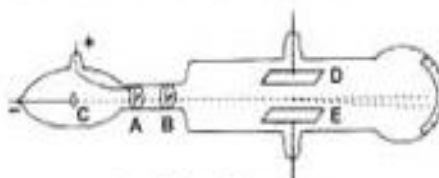
Термоэлектронная эмиссия



Электрический разряд в газах

Измерение отношения заряда  $e$  к массе  $m$  электрона

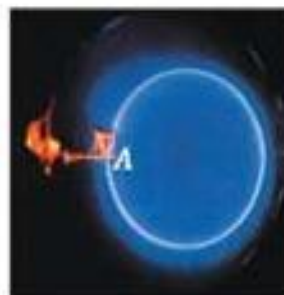
Джозеф Джон Томсон



Прибор Томсона

$$\frac{e}{m_e} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

$$\frac{e}{m_H} = 9,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$



Электронный луч в магнитном поле

## Измерение элементарного электрического заряда

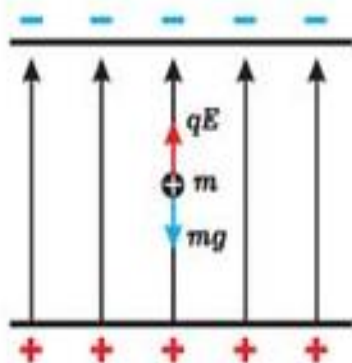


Схема опыта Милликена



Роберт Милликен

$$mg = qE$$

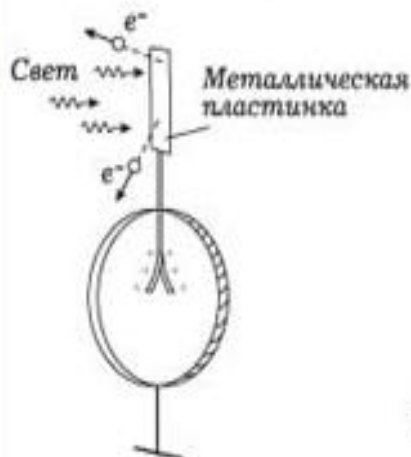
$$mg = q_1 E_1 = \dots = q_n E_n$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{E_2}{E_1}$$

$$q_{\min} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

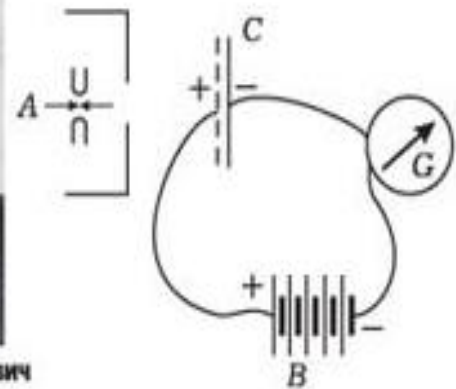
$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

## Опыт по обнаружению фотоэффекта



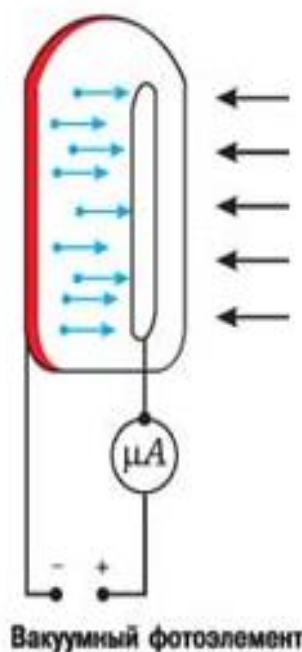
Александр Григорьевич Столетов

## Схема опыта Столетова по исследованию фотоэффекта



## Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A + E_K, \quad E_K = h\nu - A, \quad E_K = 0, \quad h\nu_{кр} = A$$



Вакуумный фотоэлемент



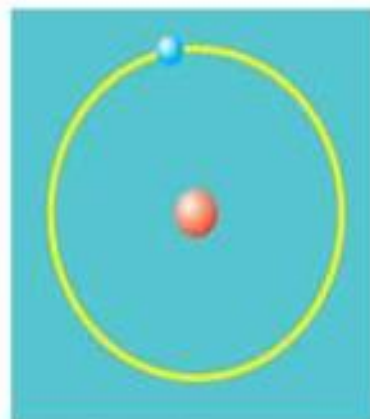
Полупроводниковые солнечные батареи

# ПЛАНЕТАРНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА

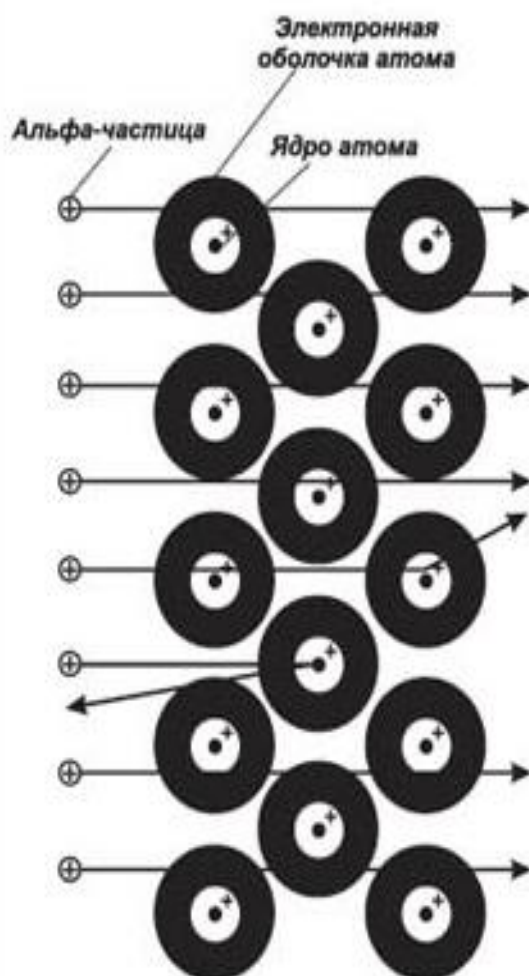


Эрнест Резерфорд

*Теперь я знаю,  
как устроен  
атом!*



Модель атома Резерфорда

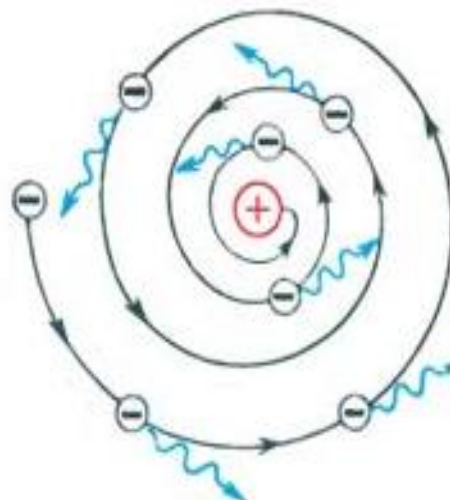


Прохождение альфа-частиц  
через слой вещества



«Это было столь же неадекватно, как если бы вы произвели выстрел по обрывку напёрстной бумаги 15-дюймовым снарядом, а он вернулся бы назад и угодил в вас»

Э. Резерфорд



Неустойчивость атома Резерфорда

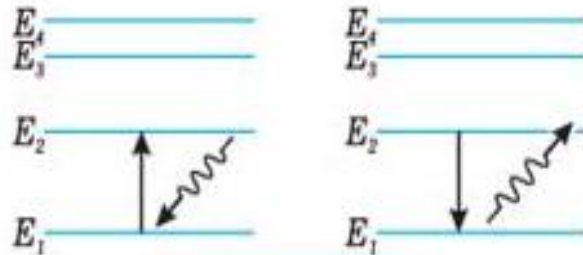


# МОДЕЛЬ АТОМА ВОДОРОДА ПО БОРУ



Нильс Бор

Поглощение и излучение  
квантов света атомами



$$h\nu = E_n - E_m$$

## АТОМ ВОДОРОДА

$$\frac{m_e v^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad m_e v r = n\hbar, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$r_n = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2 n^2}{m_e e^2}, \quad \nu_{nm} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$



Боровские орбиты атома водорода

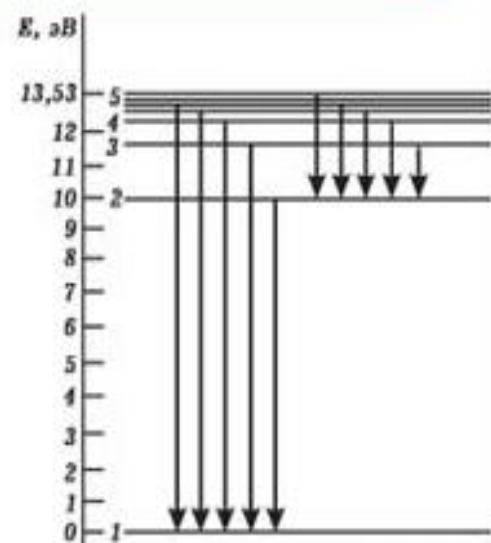


Диаграмма уровней энергии  
атома водорода

## ОПЫТ ФРАНКА И ГЕРЦА

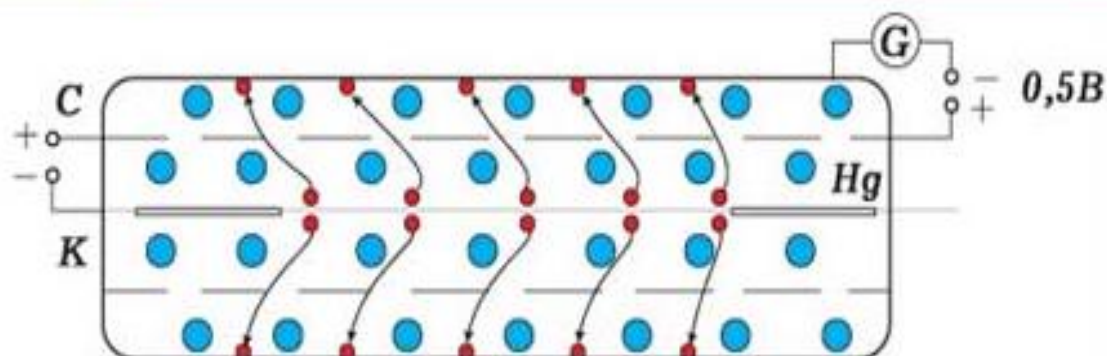
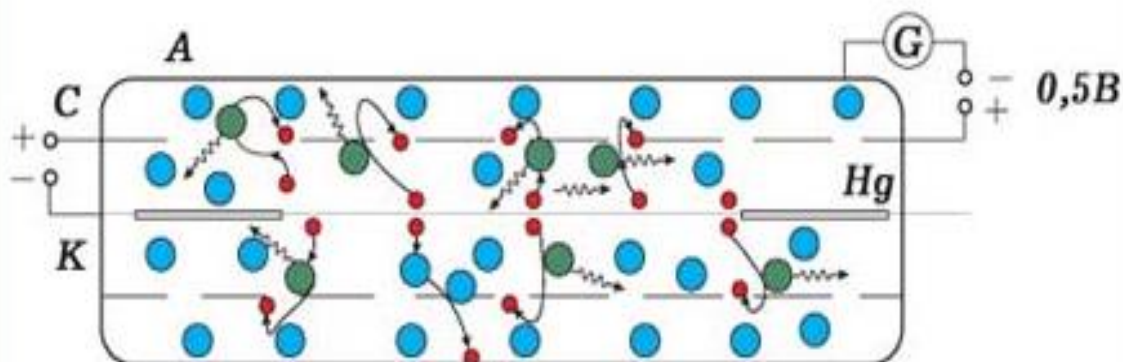
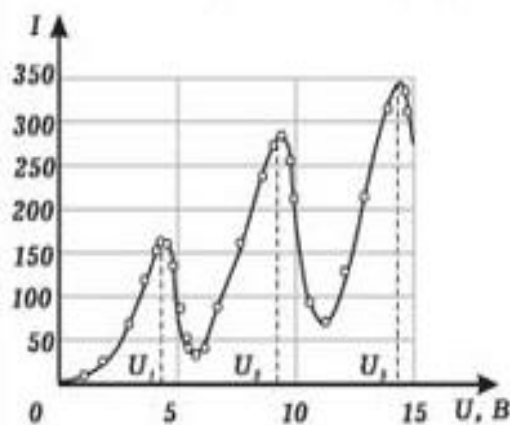


Схема процессов столкновений электронов с атомами ртути при значениях ускоряющего напряжения  $U < 4,9$  В



- - Атом ртути в основном состоянии
- - Атом ртути в возбужденном состоянии
- ~ - Фотон
- - Электрон

Схема процессов столкновений электронов с атомами ртути при значениях ускоряющего напряжения  $U > 4,9$  В



Зависимость силы тока  $I$  от ускоряющего напряжения  $U$

$$U_1 = 4,9 \text{ В}; eU_1 = h\nu_1, \quad \nu_1 = \frac{eU_1}{h}$$

$$\nu_1 = \frac{4,9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,625 \cdot 10^{-34}} \text{ Гц} \approx 1,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

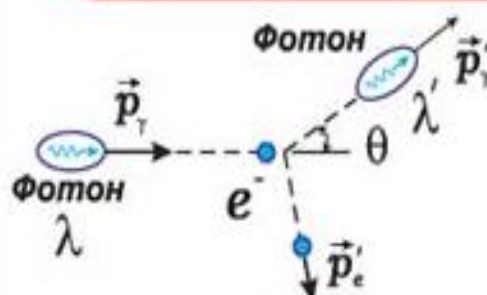
$$U_2 = 2U_1; \quad U_3 = 3U_1$$

## КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ

## Комптоновское рассеяние фотонов

$$E = h\nu, \quad p_\gamma = \frac{h\nu}{c}, \quad E_\gamma + E_e = E'_\gamma + E'_e,$$

$$E_e = 0, \quad p_e = 0. \quad \vec{p}_\gamma + \vec{p}_e = \vec{p}'_\gamma + \vec{p}'_e.$$



$$\lambda' - \lambda = 2 \frac{h}{m_e c} \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

## Дифракция и интерференция электронов



Луи де Бройль



Результат дифракции рентгеновского излучения (вверху) и пучка электронов (внизу) на кристаллической решетке алюминия

$$p_\gamma = \frac{h\nu}{c} \quad \lambda = \frac{h}{p_\gamma}$$

$$p_e = \frac{h}{\lambda_e} \quad \lambda_e = \frac{h}{p_e}$$



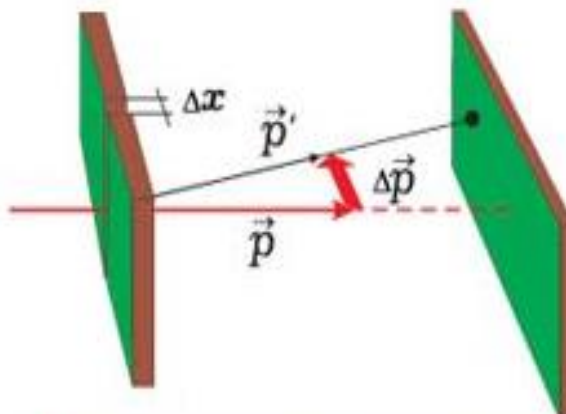
Схема опыта по наблюдению интерференции электронов



# СООТНОШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

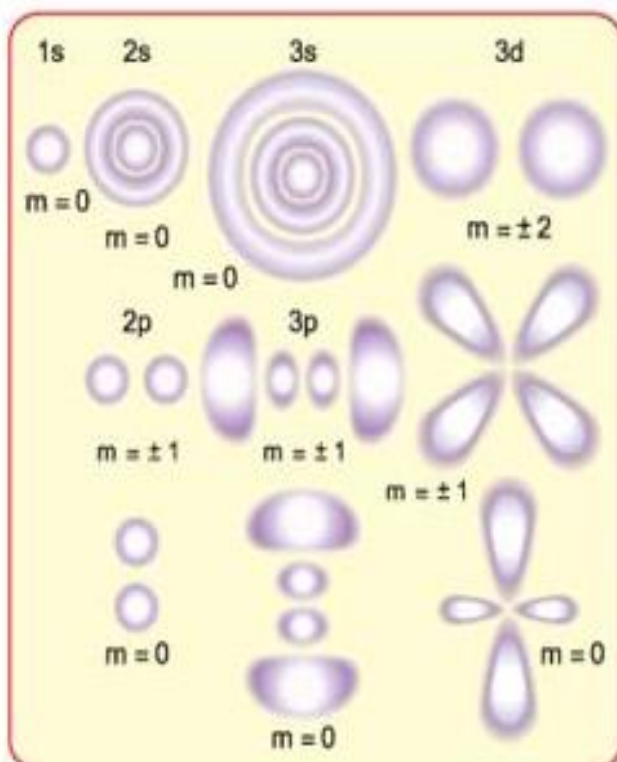


Вернер Гейзенберг



$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h, \quad \Delta E \cdot \Delta t \geq h$$

## КВАНТОВЫЕ СОСТОЯНИЯ АТОМА ВОДОРОДА



Эрвин Шредингер

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}, \quad n=1,2,3,\dots$$

$$L = h\sqrt{l(l+1)}, \quad l=0,1,2,\dots,l \leq n-1$$

$$L_z = m\hbar, \quad m=0,\pm 1,\pm 2,\dots,\pm l$$

$$1s \quad n=1, l=0, m=0.$$

$$2s \quad n=2, l=0, m=0.$$

$$2p \quad n=2, l=1, m=0,\pm 1.$$

$$3s \quad n=3, l=0, m=0.$$

$$3p \quad n=3, l=1, m=0,\pm 1.$$

$$3d \quad n=3, l=2, m=0,\pm 1,\pm 2.$$



Николай Геннадиевич  
Басов

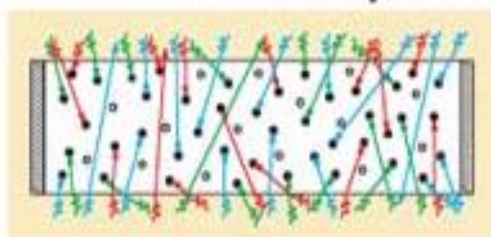


Александр Михайлович  
Прохоров

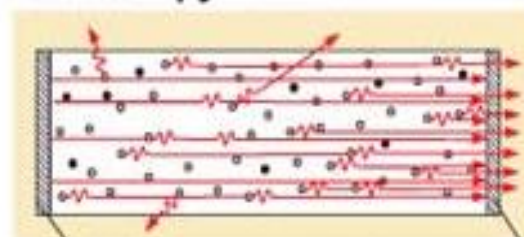
### Схема устройства лазера на рубине



### Процесс возбуждения и вынужденного излучения атомов хрома в кристалле рубина

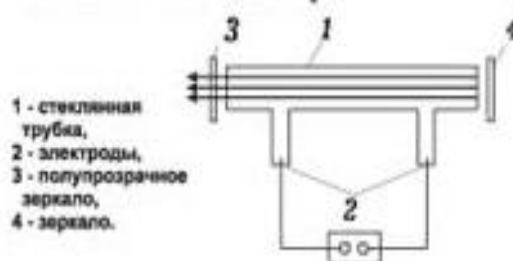


- — возбужденный атом хрома
- — невозбужденный атом хрома
- фотоны от лампы накачки



- зеркало
- частично прозрачное зеркало

### Газовый лазер



### Схема устройства гелий-неонового лазера

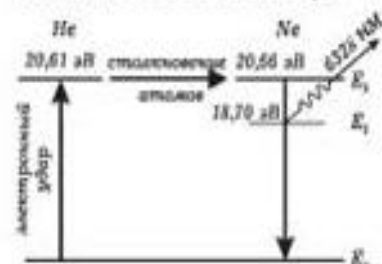


Схема расположения энергетических уровней атомов гелия и неона

### Лазерный проигрыватель

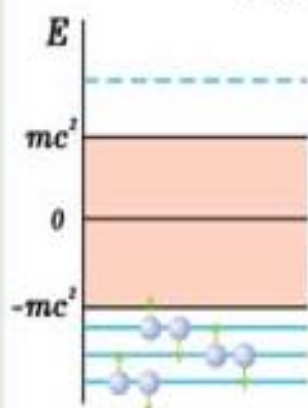


Устройство проигрывателя лазерных дисков

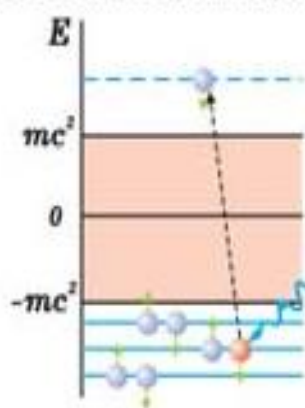


## ЧАСТИЦЫ И АНТИЧАСТИЦЫ

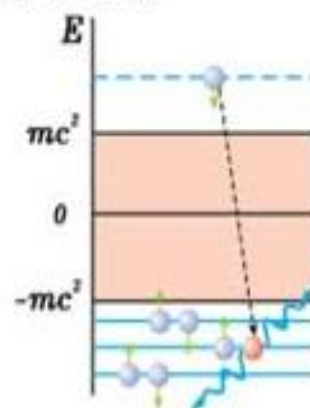
## Рождение и аннигиляция античастиц



Электроны  
с отрицательной  
энергией по Дираку



Рождение пары электрон-  
позитрон из гамма-кванта



Аннигиляция пары  
электрон-позитрон  
с образованием  
двух гамма-квантов

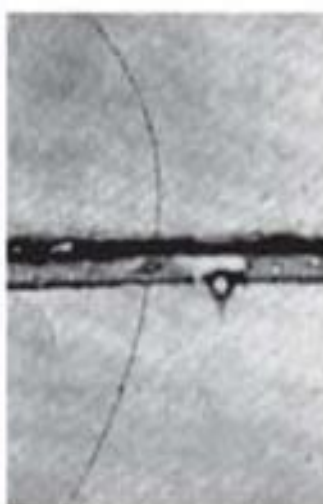


След пары  
электрон-позитрон  
в камере, помещенной  
в магнитное поле

## Атомы вещества и антивещества



## Линейный ускоритель на встречных пучках электронов и позитронов



След позитрона  
в камере Вильсона

