

Строение атома

**Концепция
атомизма**

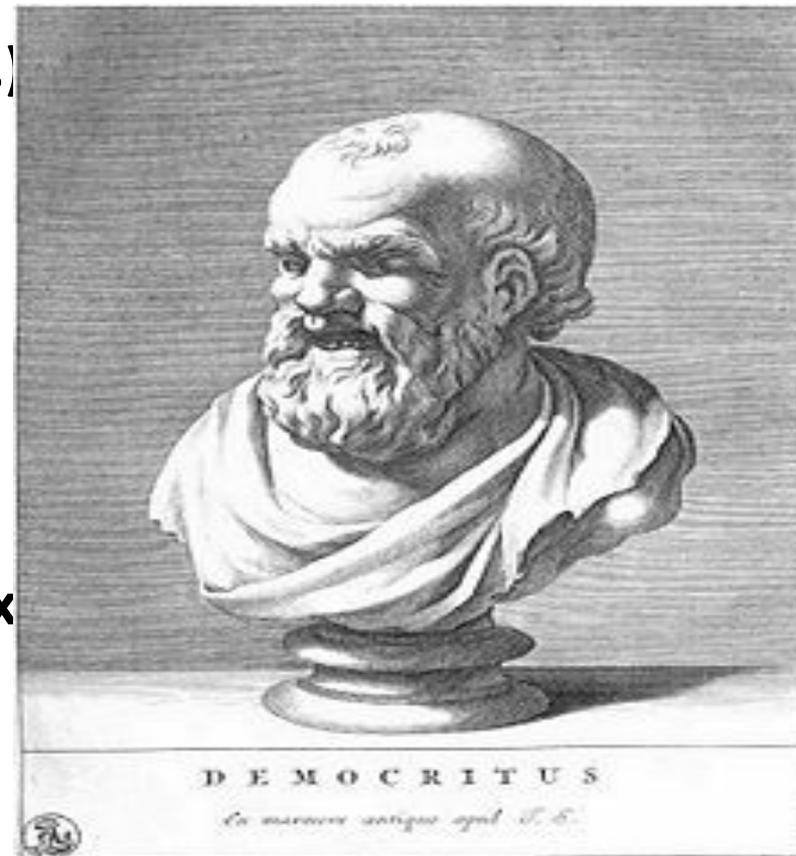


(Фалес, Эмпедокл, Аристотель
600-400 гг. до н.э.)

Первоначальные сведения

Л е в к и п п (5 век до н. э.) - древнегреческий философ-материалист, один из создателей древней атомистики. Левкипп был учителем Демокрита.

Д е м о к р и т (460-370 до н. э.) Предположение о том, что любое вещество состоит из мельчайших неделимых частиц - а т о м о в, было высказано около 2500 лет назад древнегреческими философами Левкиппом и Демокритом в их атомистических гипотезах.



1. Фалес из Милета (640–562 гг. до н. э.) считал, что первоосновой всего является **вода**, из нее образуются все вещи.

2. Анаксимандр из Милета (611–546) учил, что в основе всего сущего лежит не вода, а некая первоматерия, которую он назвал “**апейрон**” (позднее его роль перешла к эфиру).

3. Анаксимен (585–524), их земляк, считал, что началом всего является **воздух**, из которого все возникает, и движением которого образуются все явления в природе.

4. Гераклит из Эфеса (540–480) учил, что основой всего является **огонь** как некое реальное вещество.

5. Пифагор с Самоса (571–497), считал, что в основе всего существующего лежит число и простые **геометрические формы**: куб, октаэдр, тетраэдр, додекаэдр и икосаэдр.

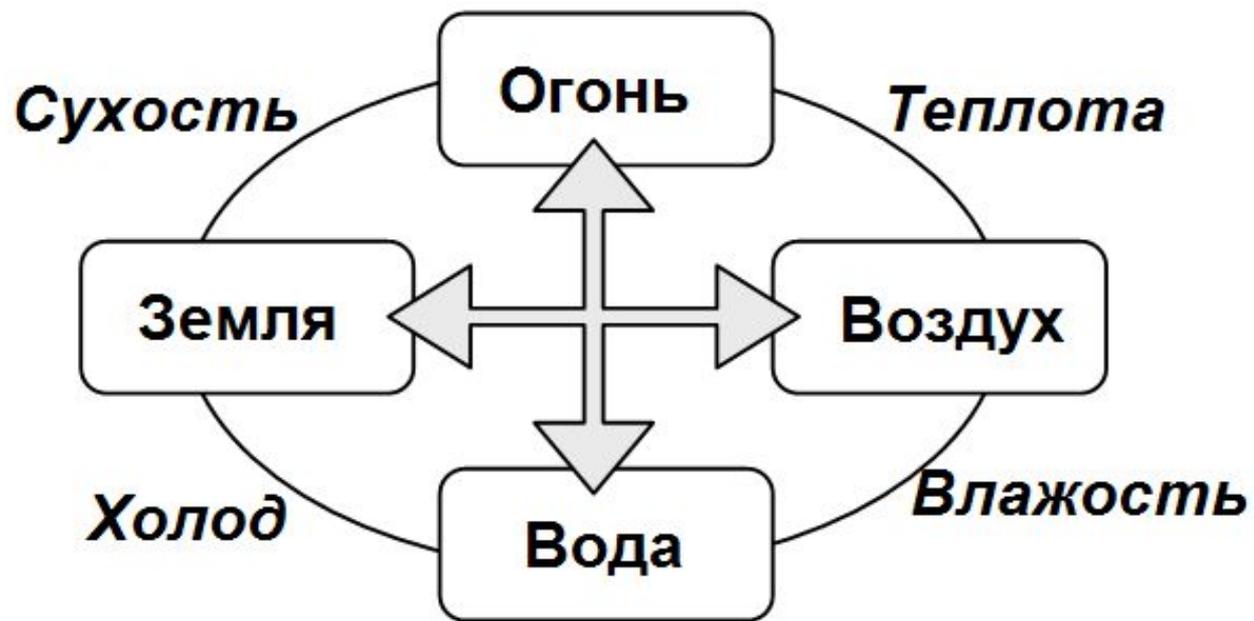
6. Согласно воззрениям Эмпедокла из Акраганта (495–435) в основе всего существующего лежат четыре элемента или “**корня**”: **земля, вода, воздух и огонь**.

Существенные изменения в атомистическое учение Демокрита внес **Эпикур (342-341 до н. э.)**



Ввёл понятие «веса атомов»,
изложил атомистическую
теорию мироздания и идея
корпускулярной модели атома.

К о р п у с к у л а - от
латинского „corpusculum” - частица в
классической некантовой
физике.

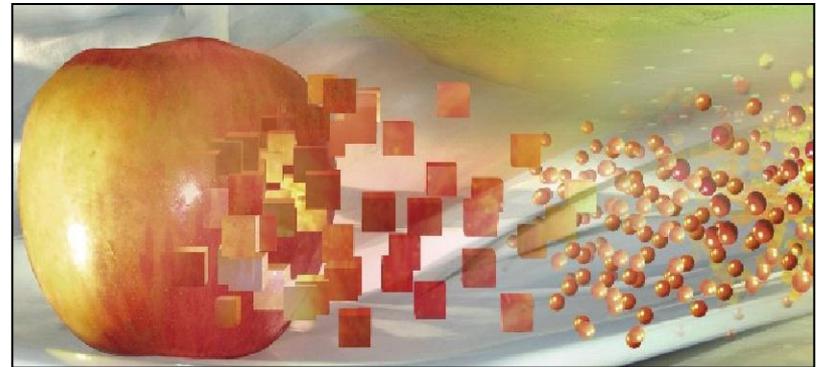


Система элементов и качеств Аристотеля

1. АТОМИЗМ Демокрита - Левкиппа



(460-370 гг.
до н.э.)



Легенда о яблоке

Основные положения атомистики Демокрита

- малы (невидимы), но имеют конечные размеры;
- в вечном вихревом движении;
- бесконечны в числе и разнообразны по формам;
- состоят из одного "первовещества"

- видимые тела различаются количеством, видами и порядком сцепления атомов;
- в бесконечной вселенной

- миры рождаются из атомов и распадаются на атомы,
- случайности в мире нет, на все есть своя причина.

2.Открытие атомов в химии



Закон сохранения
массы соединений
Антуан де Лавуазье

(1743-1794)

(экспериментальный

шуть)

(Обезглавлен: "Республика
не нуждается в ученых")

Интерпретация Дальтона:

имеются определенные
минимальные количества элементов
и веществ - соединений

**атомы и
молекулы**

Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765)

Ломоносов полагал, что всем свойствам вещества можно дать объяснение с помощью представления о механических движениях корпускул, в свою очередь состоящих из атомов. В своем произведении «Размышления о причине теплоты и холода» (1744) он пришел к предположению, что теплота обусловлена вращательными движениями частиц вещества. Эта гипотеза была использована в XIX веке в попытках построения кинетической теории газов. В основу молекулярно - кинетической теории Ломоносов положил свою формулировку философского принципа сохранения материи и движения.

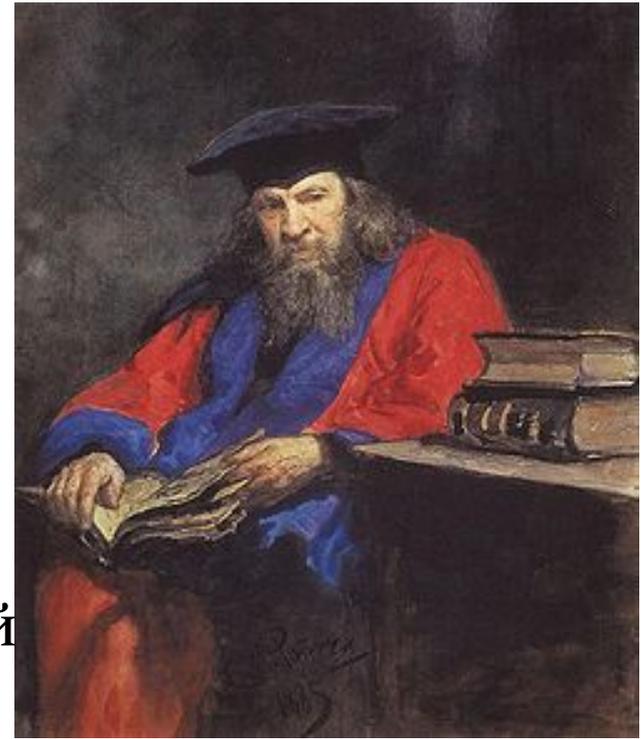


Менделеев Дмитрий Иванович (1834-1907)

Русский учёный и общественный деятель. Химик, физик, метролог, экономист, технолог, геолог, метеоролог, педагог, воздухоплаватель, энциклопедист. Он впервые поставил вопрос о единой природе атомов.

Одно из наиболее известных открытий — периодический закон химических элементов:

«Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел стоят в периодической зависимости от атомного веса».



1871 г.

Окончательный удар по механистической картине мира был нанесен в к.ХІХ – н.ХХ вв.

- **Эти открытия подрывали основы классической научной картины мира**
- 1896г. А.А.Беккерель открыл явление радиоактивности
- 1898г. Супруги Кюри открыли новые радиоактивные элементы
- 1897г. Д.Д.Томсон открыл электрон
- 1911г. Э.Резерфорд создал физическую модель атома

3. Проблема внутреннего строения атома

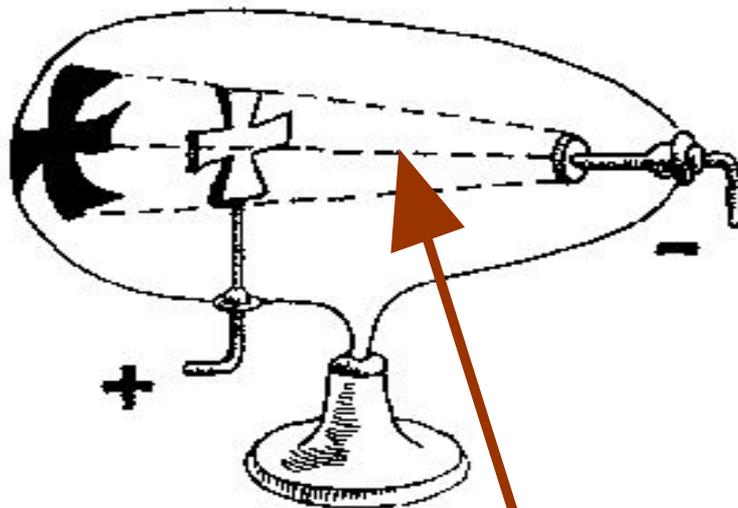
Открытие электрона

Исследование тока в разреженных газах

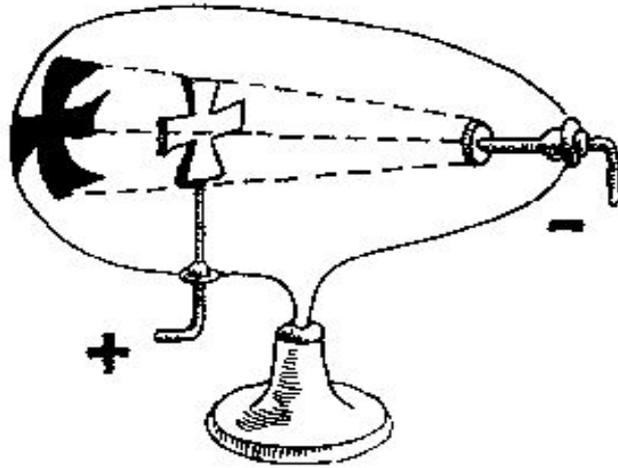
Трубка Крукса



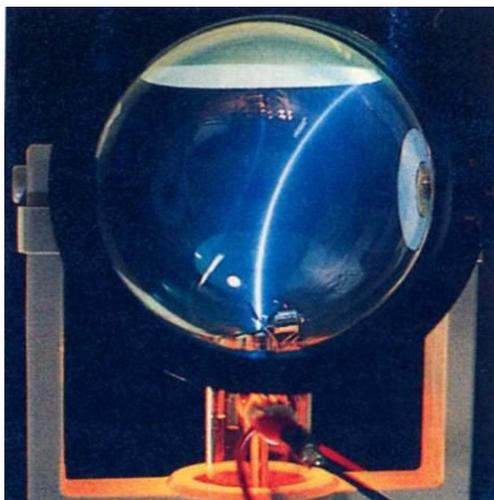
Крукс



К - лучи



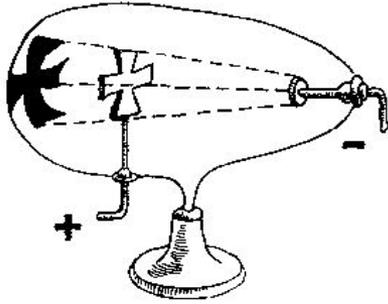
Гипотеза:
катодные лучи - это
"лучистая материя",
"4 состояние"



**1 - отклоняются
в магнитном
поле**

**2 - имеют
отрицательный
заряд**

**3- свойства К-лучей
не зависят от типа газа**



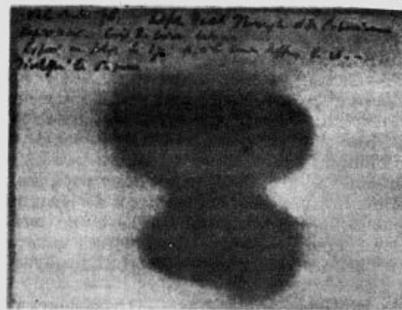
ВЫВОДЫ:

**К-лучи - это поток
отрицательно заряженных
частиц вещества**

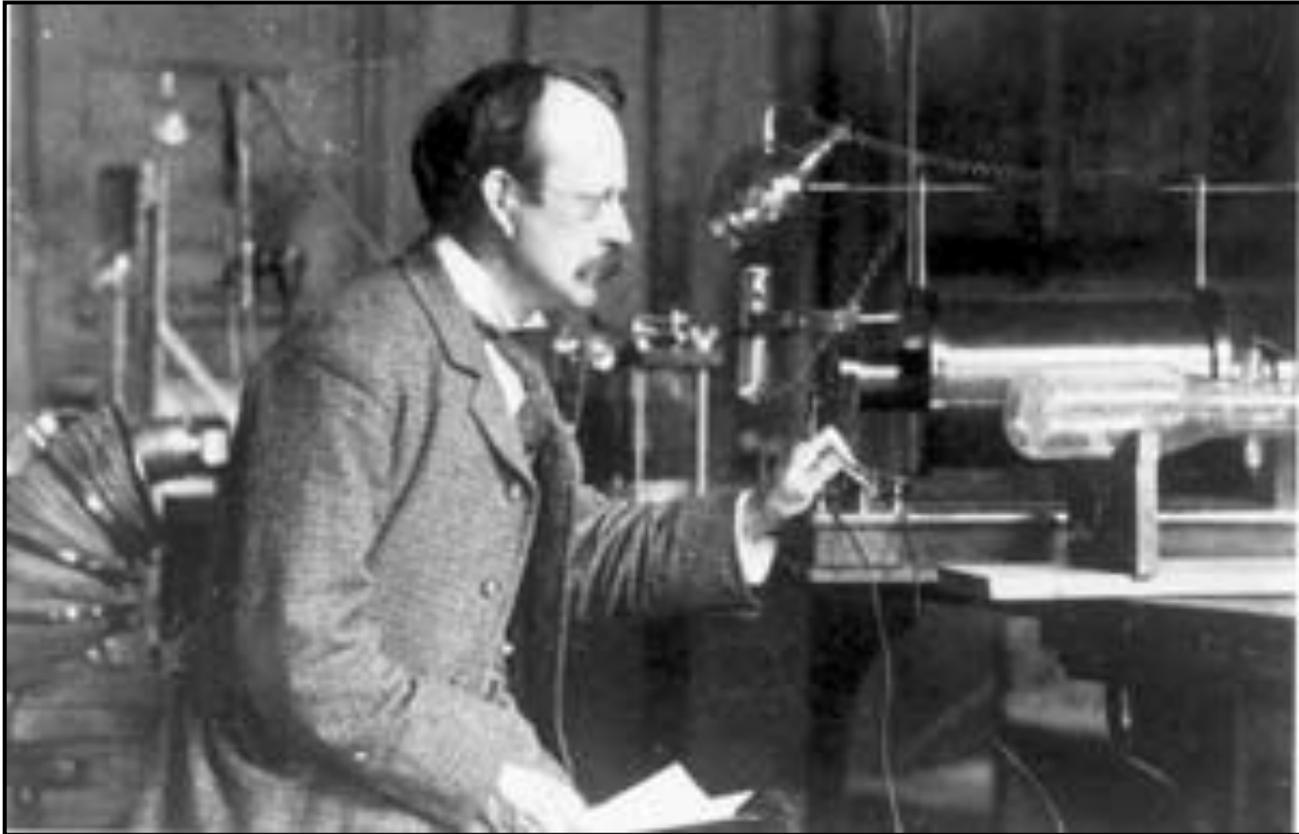


Photograph by Wilhelm Roentgen. Courtesy General Electric Co.

**1895 - открытие
X-лучей Рентгеном**



**1896 - открытие
радиоактивности
Беккерелем**



J. J. Thomson (1856-1940)

Дж.Дж.Томсон
в 1897 году

определил величину
отношения
"заряд"/"масса"
для частиц К-лучей

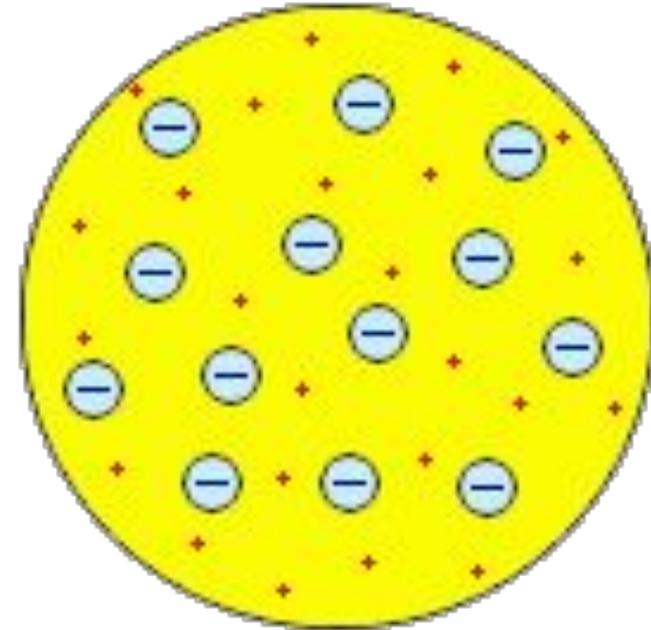
**и рассчитал
массу электрона:**

**в две тысячи раз
меньше массы
атома водорода**

**В состав всех атомов
входят частицы малой массы -
электроны
(субатомные частицы)**

***Как же "устроен"
атом?***

Первая попытка создания модели атома принадлежит Дж. Томсону (1903 г.). Он считал, что атом представляет собой электронейтральную систему шарообразной формы радиусом примерно равным 10^{10} м. Положительный заряд атома равномерно распределен по всему объему шара, а отрицательно заряженные электроны находятся внутри него (как изюм в булочке).

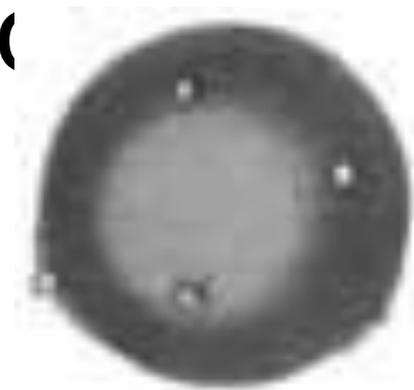


Модель атома Томсона



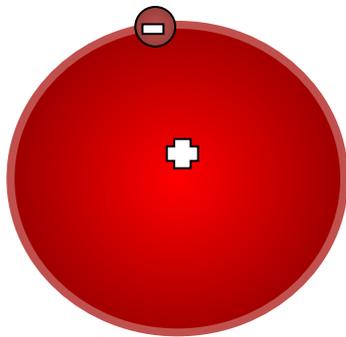
Джозеф Джон Томсон (1856-1940)

Эта модель атома получила среди ученых прозвище "сливовый пудинг", хотя не менее похожа и на булочку с изюмом –кекс (где "изюминки" - это электроны), или на "арбуз с семечками" – электронами.

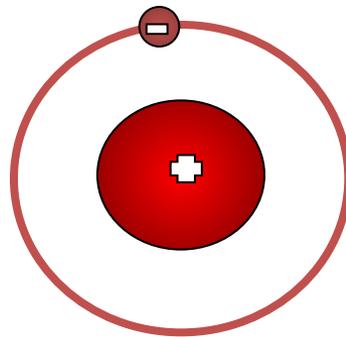


В 1897 открыл электрон, за что в 1906 году был удостоен Нобелевской премии по физике с формулировкой «за исследования прохождения электричества через газы». Сын Томсона Дж. Томсон (1892—1975) также со временем стал Нобелевским лауреатом по физике — в 1937 году за экспериментальное открытие дифракции электронов на кристаллах. В 1911 г. он разработал так называемый метод парабол для измерения отношения заряда частицы к её массе e/m , который сыграл большую роль в исследовании изотопов. В многоэлектронных атомах электроны располагаются по устойчивым конфигурациям, рассчитанным Томсоном.

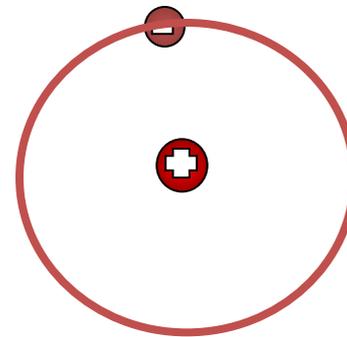
Были предложены различные модели строения атома



1

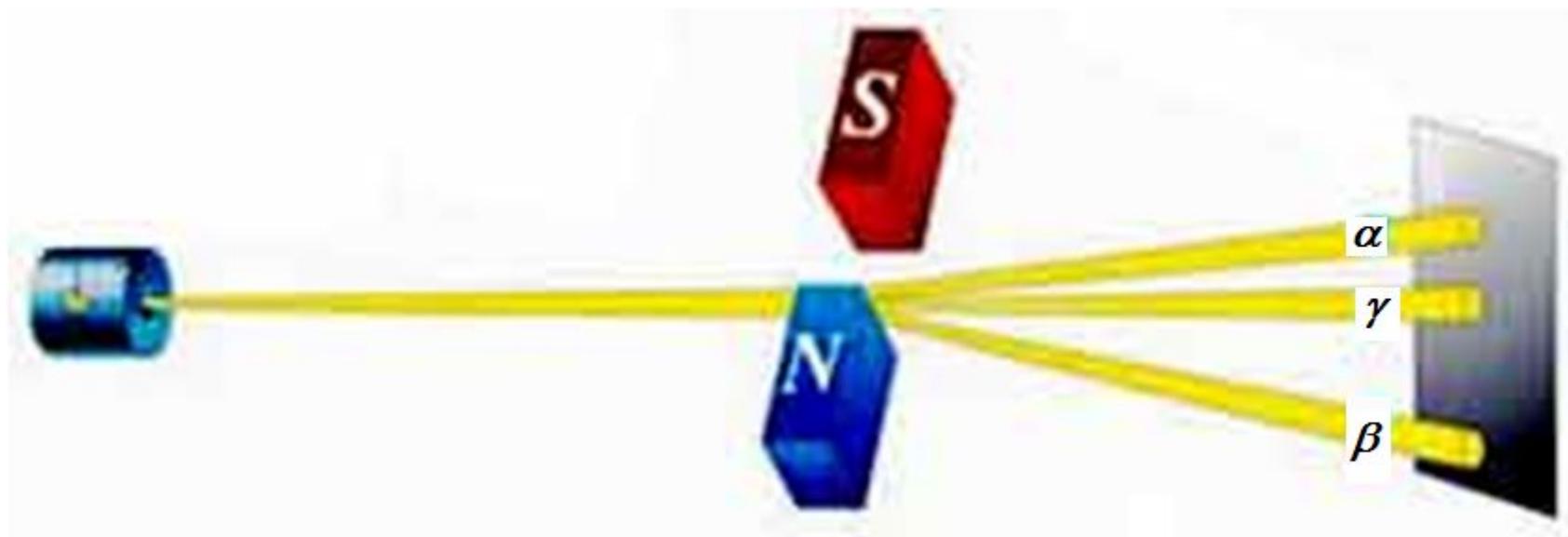


2



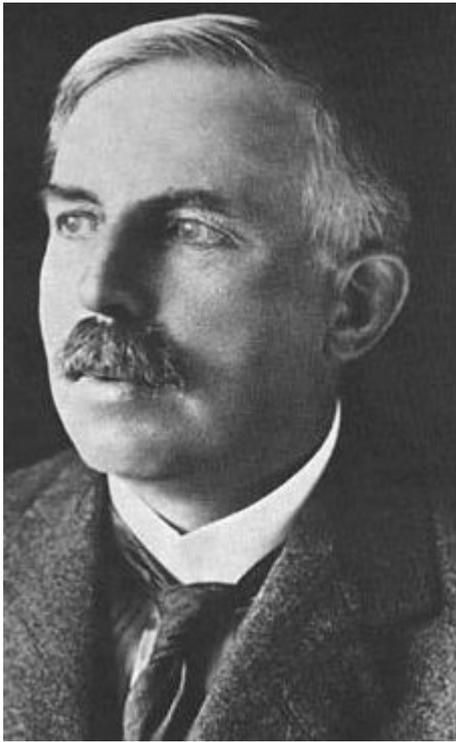
3

В магнитном поле поток радиоактивного излучения распадается на 3 составляющих: альфа-лучи, бета-лучи и гамма-лучи. Явление радиоактивности свидетельствовало о сложном строении атома.



Первые прямые эксперименты по исследованию внутренней структуры атомов были выполнены Э. Резерфордом и его сотрудниками Э. Марсденом и Х. Гейгером в 1909–1911 годах.

Резерфорд предложил применить зондирование атома с помощью α -частиц, которые возникают при радиоактивном распаде радия и некоторых других элементов.

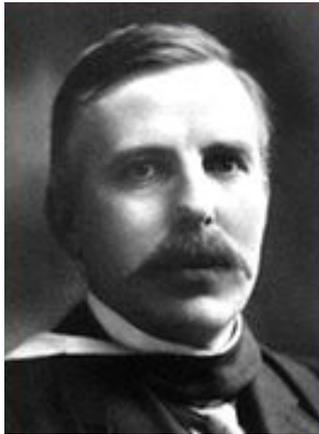


Эрнест Резерфорд

(*Ernest Rutherford*; 1871 - 1937,) — британский физик новозеландского происхождения. Создал планетарную модель атома. Лауреат Нобелевской премии по химии 1908 г. Открыл альфа- и бета-излучение и множество изотопов. Открыл и объяснил радиоактивное превращение химических элементов, создал теорию радиоактивного распада, расщепил атом азота, обнаружил протон.

Доказал, что альфа-частица — ядро гелия. Первым открыл образование новых химических элементов при распаде тяжелых химических радиоактивных элементов.

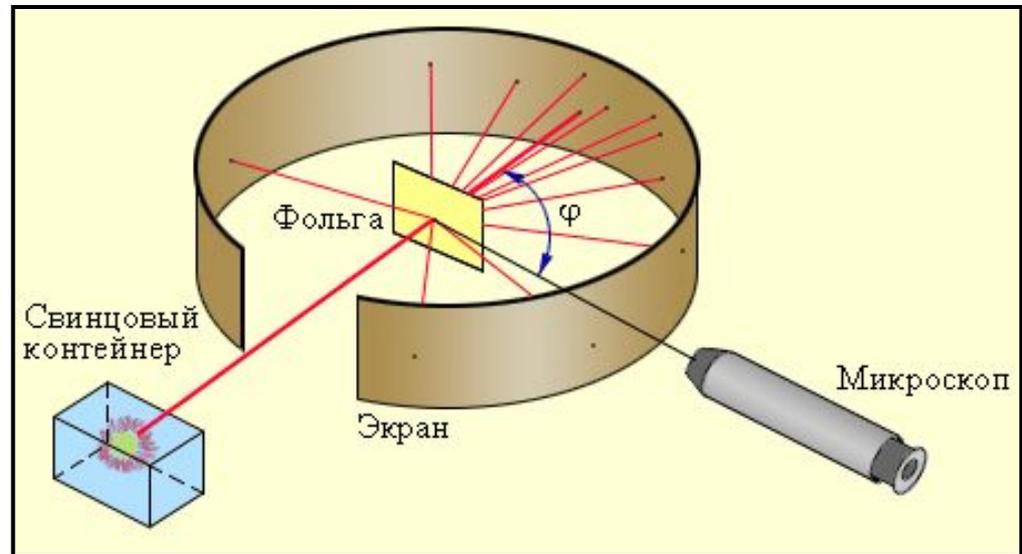
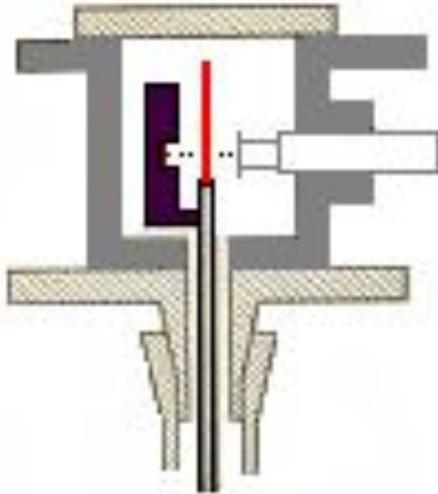
12 учеников Резерфорда стали лауреатами Нобелевской премии по физике и химии.



Rutherford
Ernest (1871-1937),
Lord of Nelson

**В 1909 г. в лаборатории
Э. Резерфорда начали изучать
рассеяние альфа-частиц
на атомах золотой фольги**

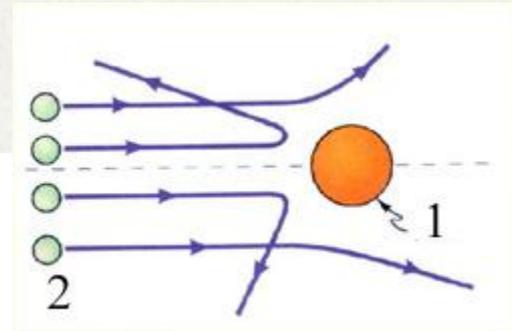
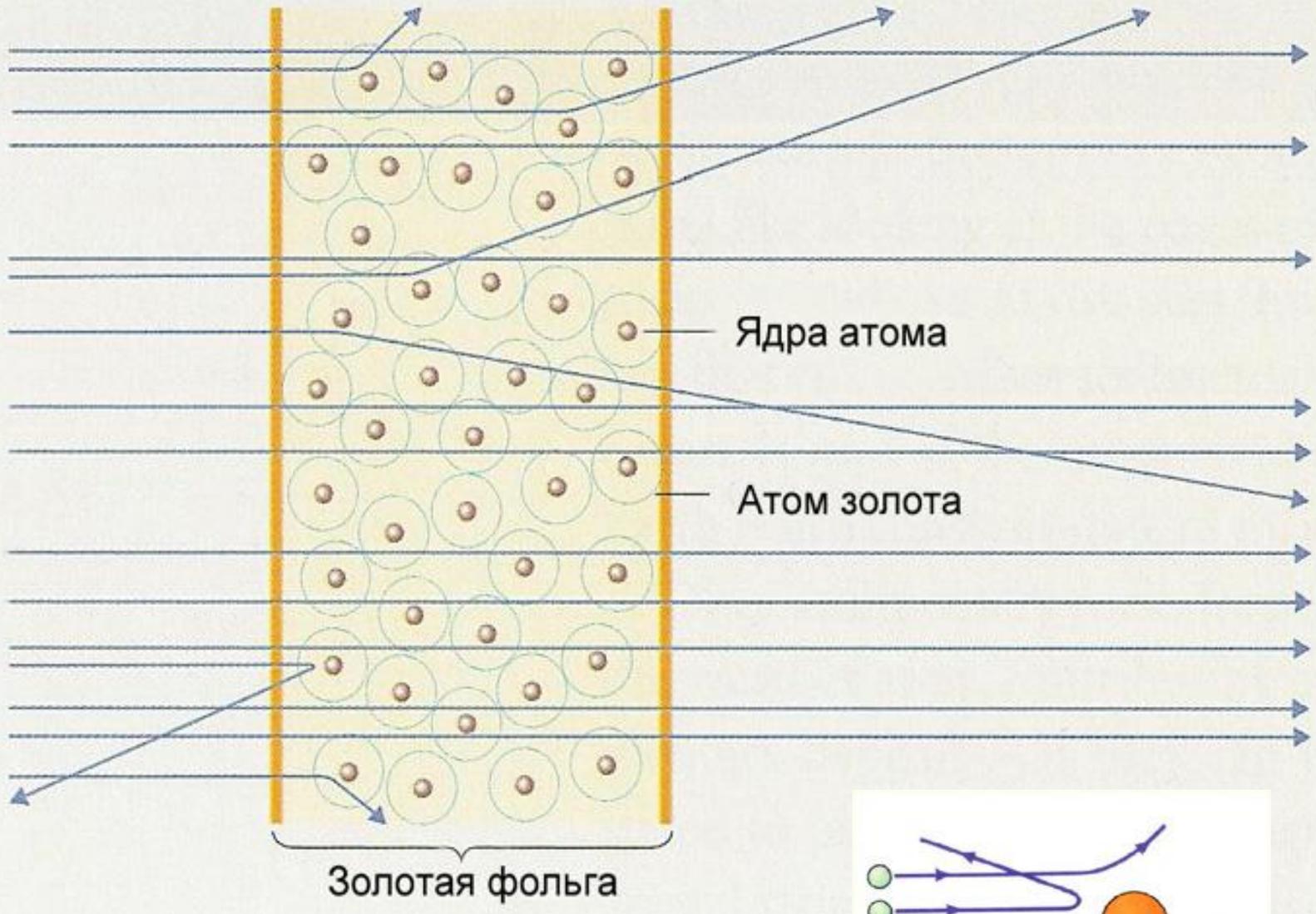
Схема опытов по рассеянию альфа-частиц



**Масса α -частиц приблизительно в 7300 раз
больше массы электрона, а положительный
заряд равен удвоенному элементарному заряду.**

**В своих опытах Резерфорд использовал α -
частицы с кинетической энергией около 5 МэВ
(скорость таких частиц очень велика – порядка
 10^7 м/с, но значительно меньше скорости света).
 α -частицы – это полностью ионизированные
атомы гелия.**

Пучок альфа-частиц



Опыты Резерфорда и его сотрудников привели к выводу, что в центре атома находится плотное положительно заряженное ядро, диаметр которого не превышает 10^{-14} – 10^{-15} м.

Это ядро занимает только 10^{-12} часть полного объема атома, но содержит весь положительный заряд и не менее 99,95 % его массы.

Веществу, составляющему ядро атома, следовало приписать плотность порядка $\rho \approx 10^{15}$ г/см³.

Заряд ядра должен быть равен суммарному заряду всех электронов, входящих в состав атома.

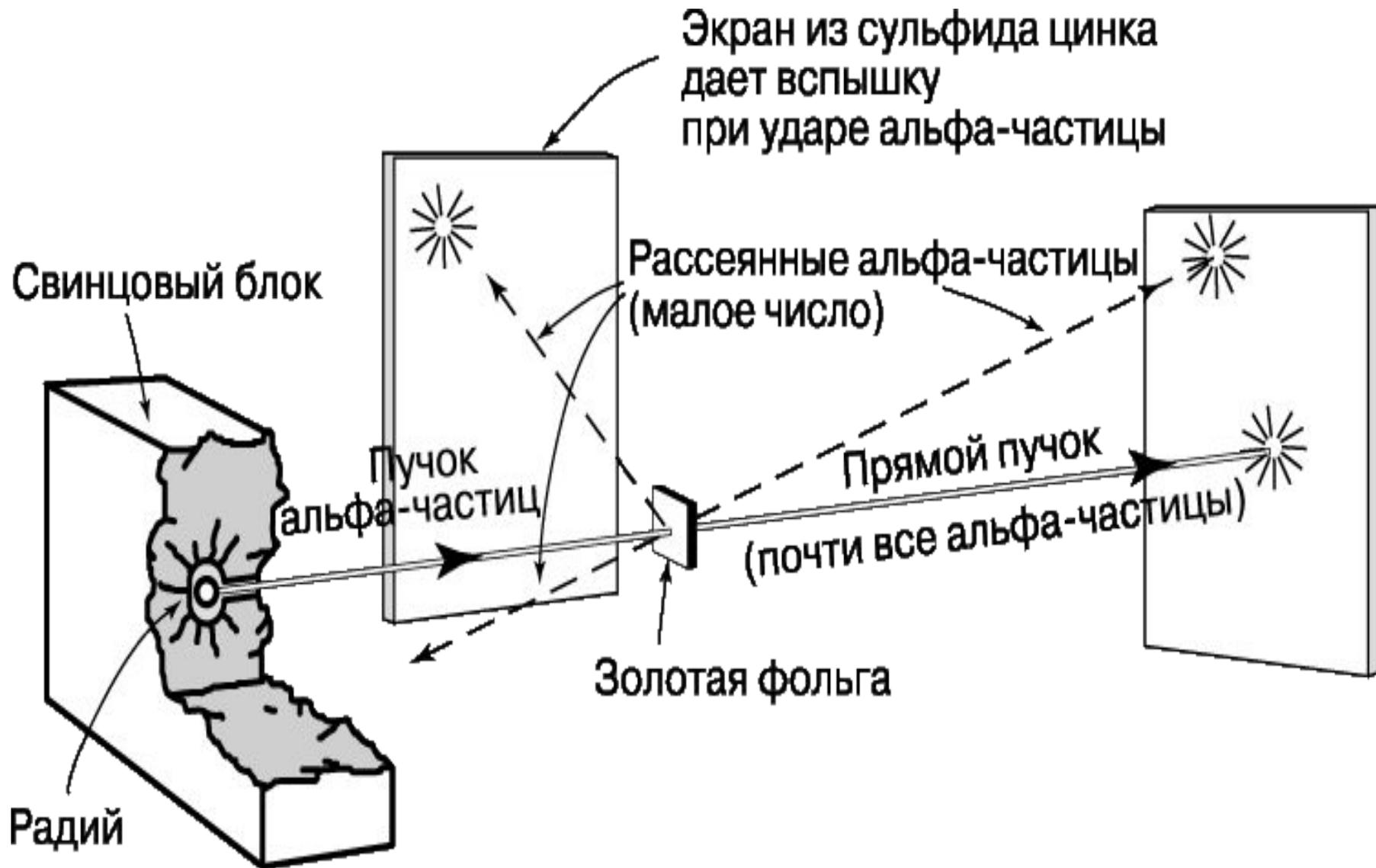


Эрнест Резерфорд (1871-1937) — британский физик.

Открыл альфа- и бета-излучение, радон и множество изотопов. Открыл радиоактивное превращение химических элементов, создал теорию

радиоактивного распада, расщепил атом азота, обнаружил протон. Доказал, что альфа-частица — атом гелия. Создал планетарную теорию строения атомов. По ней, атом состоит из ядра, находящегося в центре, и электронов, вращающихся по орбитам вокруг ядра.

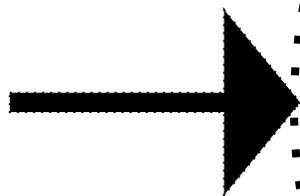
Опыт Резерфорда



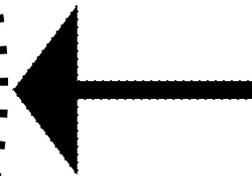


Малые размеры положительно заряженной области позволяют выбрать планетарную модель строения атомов

10^{-10} M



10^{-15} M



ОДНАКО:

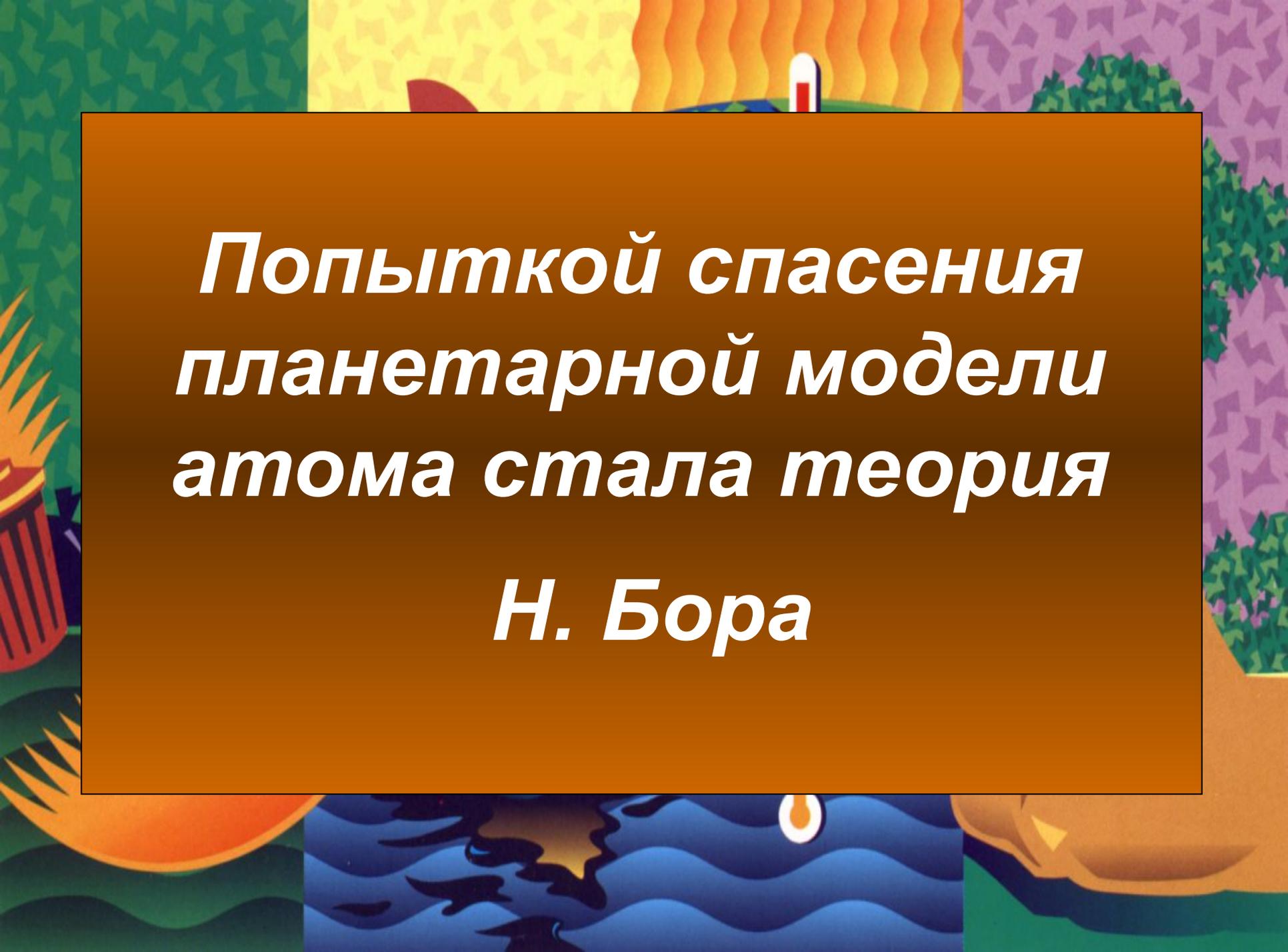
**планетарная модель
атома противоречит
электродинамике
Максвелла !**

**Согласно теории
Максвелла,
ускоренно движущийся
заряд излучает
электромагнитные волны**

**Электрон должен
излучать энергию
и падать на ядро**



**Атом не будет
устойчивой системой?**



*Попыткой спасения
планетарной модели
атома стала теория*

Н. Бора

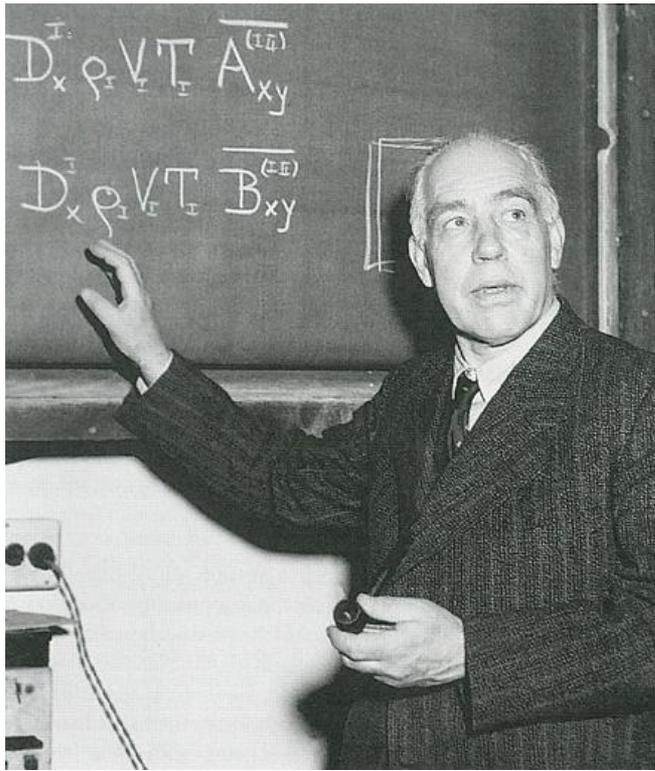


Нильс Хенрик Давид Бор (1885 — 1962) Датский физик, один из создателей современной физики.

Создал теорию атома, в основу которой легли планетарная модель атома, квантовые представления и предложенные им постулаты. Важные работы по теории металлов, теории атомного ядра и ядерных реакций.

Постулаты Бора:

- электроны в атомах могут находиться только на определённых орбитах, на которых они не излучают;
- при переходе атома из одного энергетического состояния E_n в другое E_m происходит излучение кванта света с определенной частотой



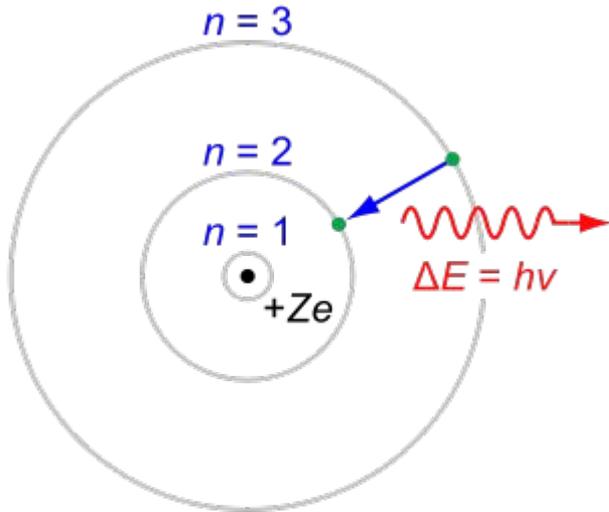
Нильс Хёнрик Давид Бор (*Niels Henrik David Bohr* 1885 - 1962 , Копенгаген) — датский физик-теоретик и общественный деятель, один из создателей современной физики. Лауреат нобелевской премии по физике (1922) Бор известен как создатель первой квантовой теории атома и

активный участник разработки основ квантовой механики. Также он внёс значительный вклад в развитие теории атомного ядра и ядерных реакций, процессов взаимодействия элементарных частиц со средой.

Следующий шаг в развитии представлений об устройстве атома сделал в 1913 году датский физик Н. Бор.

Первый постулат Бора (постулат стационарных состояний) гласит: атомная система может находиться только в особых *стационарных* или *квантовых* состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия E_n . В стационарных состояниях атом не излучает.

Второй постулат Бора (правило частот) формулируется следующим образом: при переходе атома из одного стационарного состояния с энергией E_n в другое стационарное состояние с энергией E_m излучается или поглощается квант, энергия которого равна разности энергий стационарных состояний:



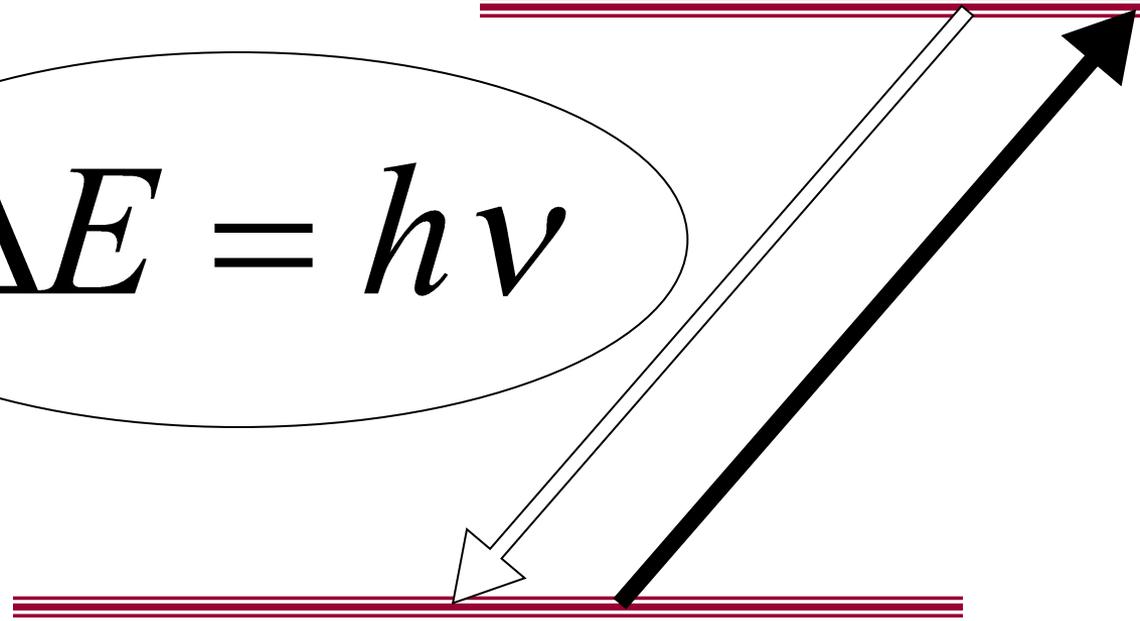
h – постоянная
Планка, равная
 $6.626 \cdot 10^{-34}$ Дж с

$$h\nu_{nm} = \hbar \omega_{nm} = E_n - E_m$$

$$E_m > E_n$$



$\Delta E = h\nu$



$$E_n$$

Третий постулат (Правило квантования). Бор предположил, что из всех возможных орбит электрона осуществляются только те для которых момент импульса равен целому кратному постоянной Планка h , деленной на 2π :

$$m_e v r = n \hbar \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

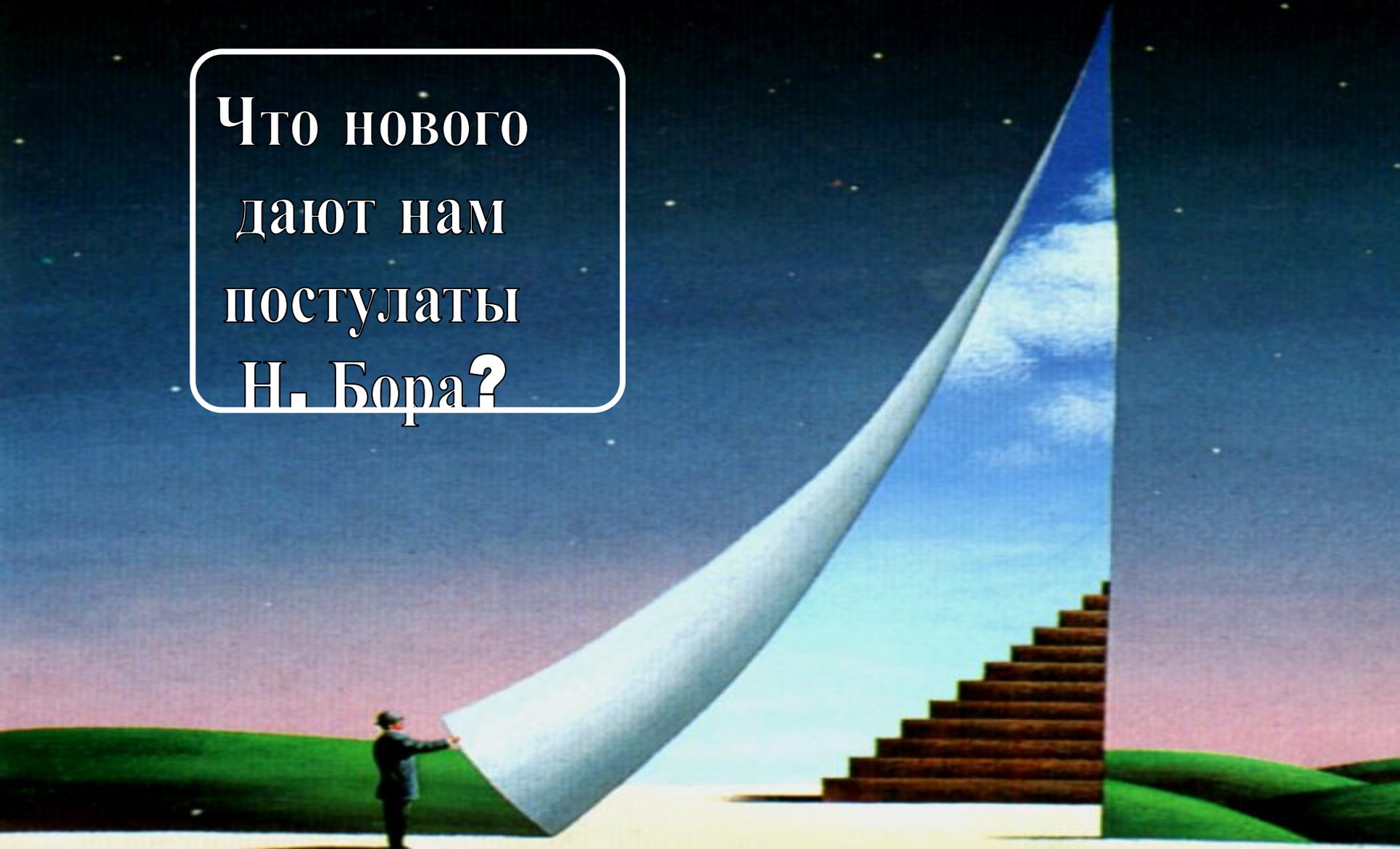
Число n – называется главным квантовым числом.

$$m V r = n \hbar$$

m - масса электрона,
V - его скорость,
r - радиус орбиты,
n - целое число 1, 2, 3, ...

$$\boxed{\times} = \frac{h}{2\pi}$$

Что нового
дают нам
постулаты
Н. Бора?

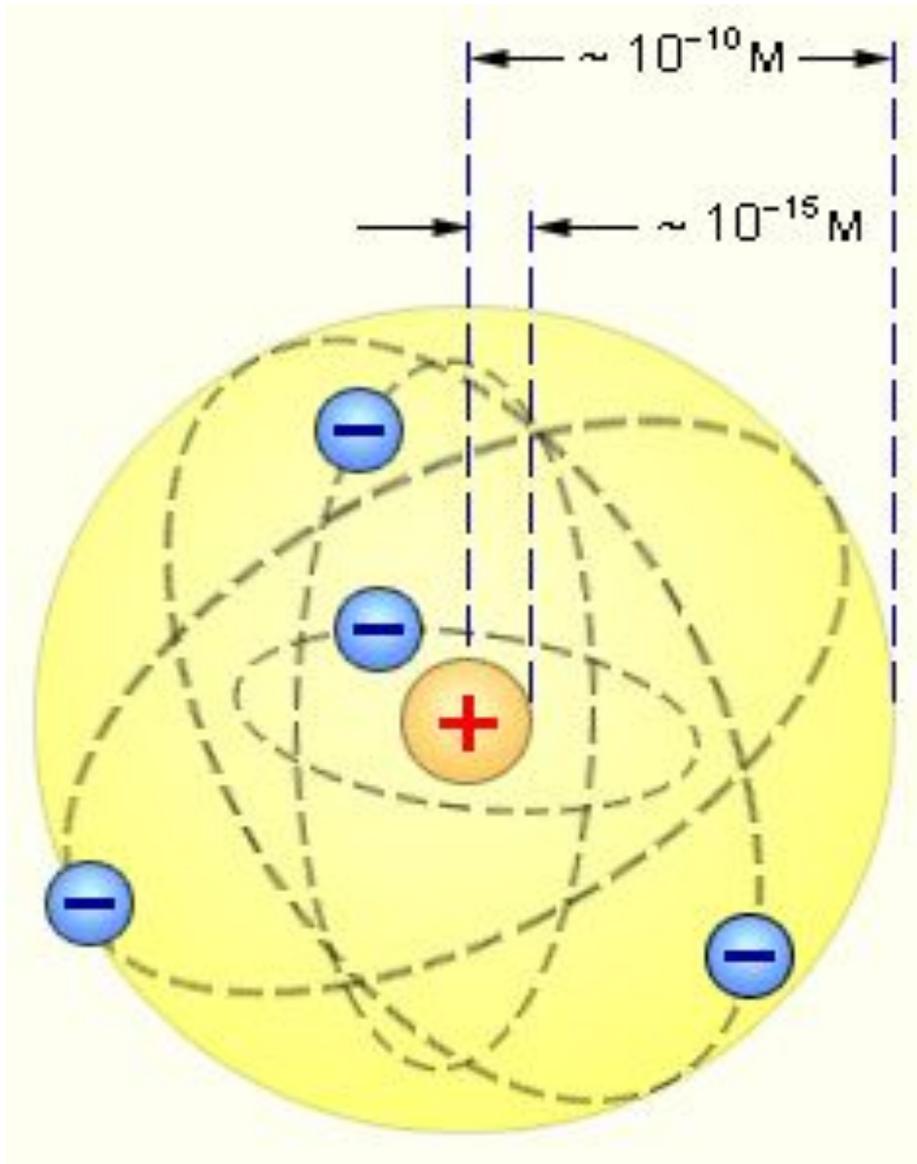


Еще в начале XIX века были открыты дискретные спектральные линии в излучении атома водорода в видимой области (так называемый *линейчатый спектр*).

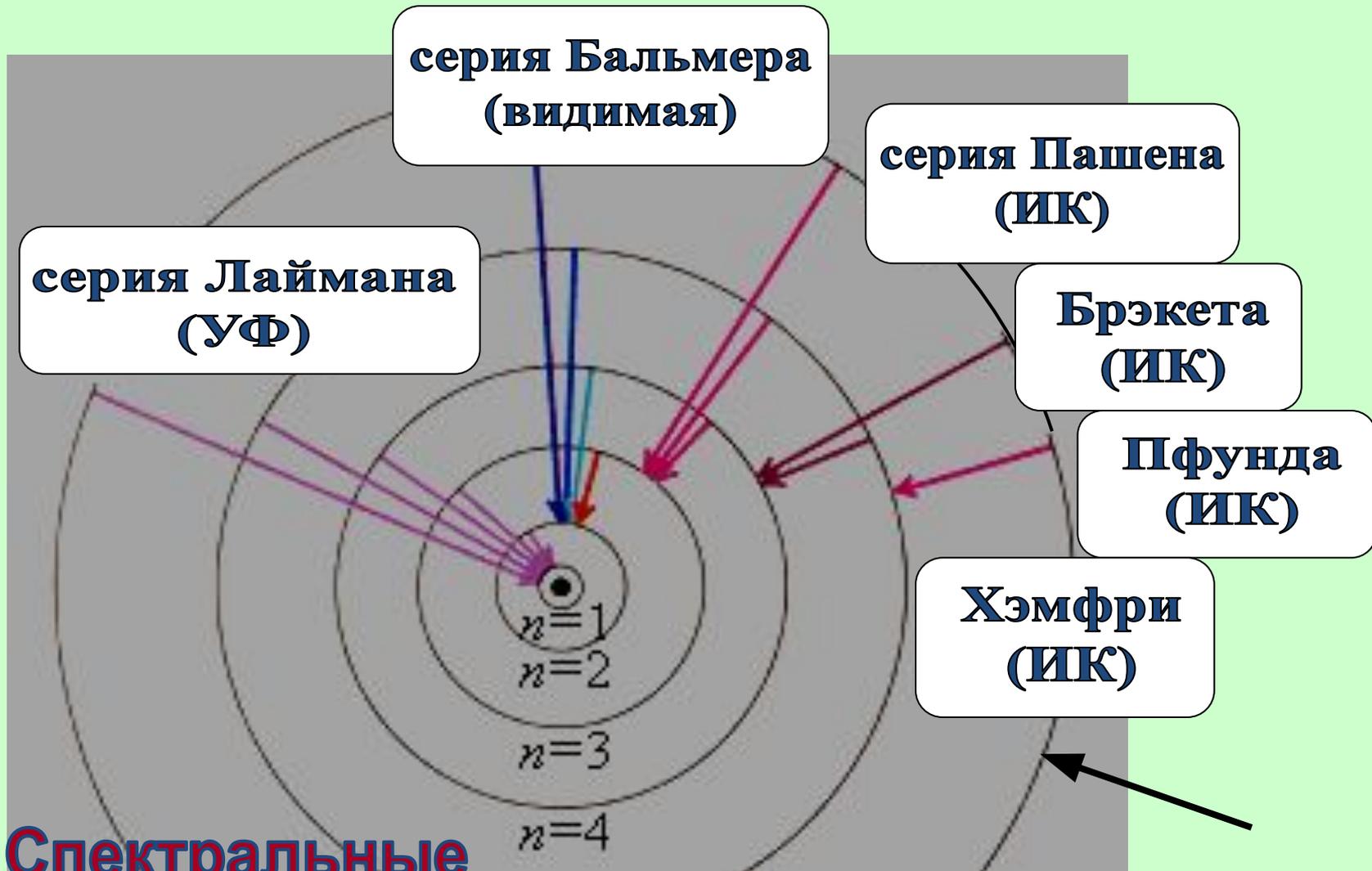


Совокупность спектральных линий атома водорода в видимой части спектра была названа *серией Бальмера*.

Позже аналогичные серии спектральных линий были обнаружены в ультрафиолетовой и инфракрасной частях спектра.



Современное
представлени
е
об атоме



**Спектральные
серии линий излучения атома водорода**

В 1890 году И. Ридберг получил эмпирическую формулу для частот спектральных линий:

$$\nu_{nm} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Для серии Бальмера $m = 2, n = 3, 4, 5, \dots$.

Для ультрафиолетовой серии (серия Лаймана) $m = 1, n = 2, 3, 4, \dots$. Постоянная R в этой формуле называется *постоянной Ридберга*. Ее численное значение

$$R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Гц.}$$



Иоганн Якоб Бальмер (*Johann Jakob Balmer*, 1825 - 1898) — швейцарский математик и физик. Читал лекции в Базельском университете. В основном занимался научной деятельностью в области геометрии, но известность получил благодаря открытию в 1885 г. спектральной серии водорода, названной в его честь. В честь Бальмера назван также один из кратеров на Луне.



Йоханнес Роберт Ридберг (*Johannes Robert Rydberg*, 1854 - 1919) — шведский физик. С 1901 - профессор университета в Лунде. занимался изучением периодической системы элементов и атомных спектров. Ридберг показал, что расположение линий в атомных эмиссионных спектрах может быть описано формулами, аналогичными формуле Бальмера для спектра водорода. Постоянная используемая в этих формулах, названа его именем. Один из кратеров на Луне был назван в честь Йоханнеса Ридберга.



серия Пашена $\nu = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 4, 5, 6, \dots);$

серия Брэггета $\nu = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 5, 6, 7, \dots);$

серия Пфунда $\nu = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 6, 7, 8, \dots);$

серия Хэмфри $\nu = R \left(\frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 7, 8, 9, \dots).$

Постулат Бора

$$mVr = \frac{hn}{2\pi}$$

Классическая физика

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n^2} = \frac{mV^2}{r_n}$$

**Решая совместно
получим**

$$E_n = \frac{me^4}{8\varepsilon_0 h^2} \frac{1}{n^2} = \frac{E_1}{n^2}$$

Величина энергии основного состояния

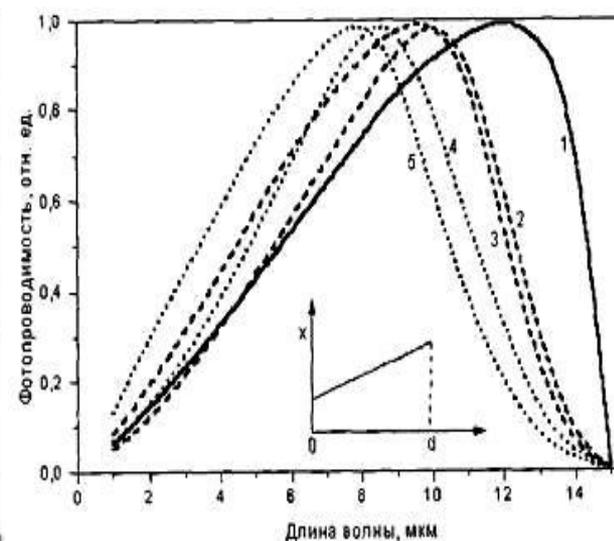
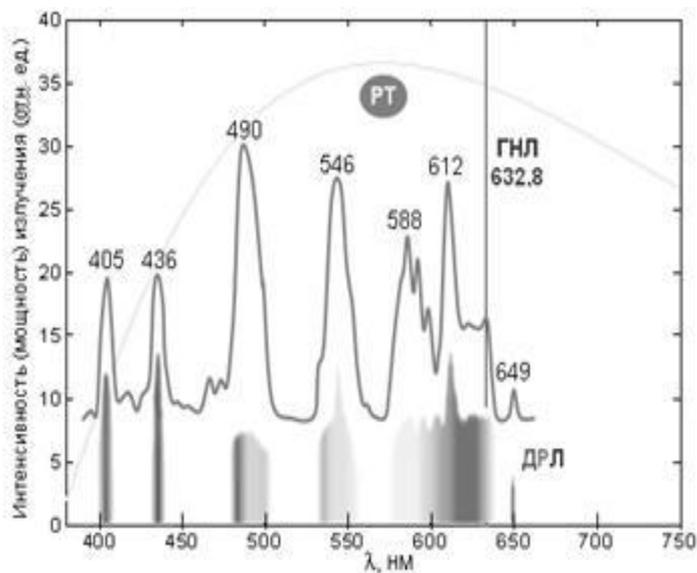
$$n = 1$$

$$E_1 = -\frac{m^4}{8\epsilon_0 h^2} = -1,53 \text{ эВ}$$

**Для атома водорода согласие
теории Бора с экспериментом
было очень хорошим**

линия	эксперимент Ангстрема	теория Бора
H_{α}	6562,10 А	6562,08 А
H_{β}	4860,80 А	4860,74 А
H_{γ}	4340,1 А	4340,0 А
H_{δ}	4101,2 А	4101,3 А

Спектры атомов – линейчатые, спектры молекул – полосчатые, спектры твердого тела – сплошные



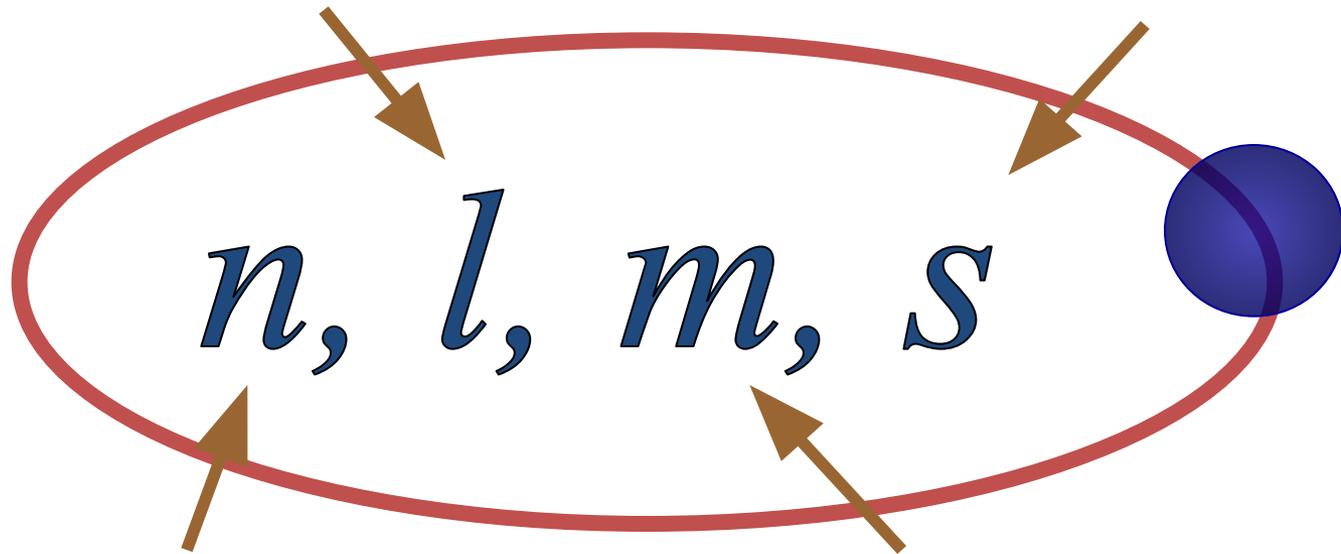
**А вот для других атомов
такого согласия не было.**

**Теория Бора была развита в работах
А. Зоммерфельда и других ученых.**

**Были введены 4 квантовых числа,
которые определяют
энергетическое
состояние атома**

КВАНТОВЫЕ ЧИСЛА

орбитальное спиновое

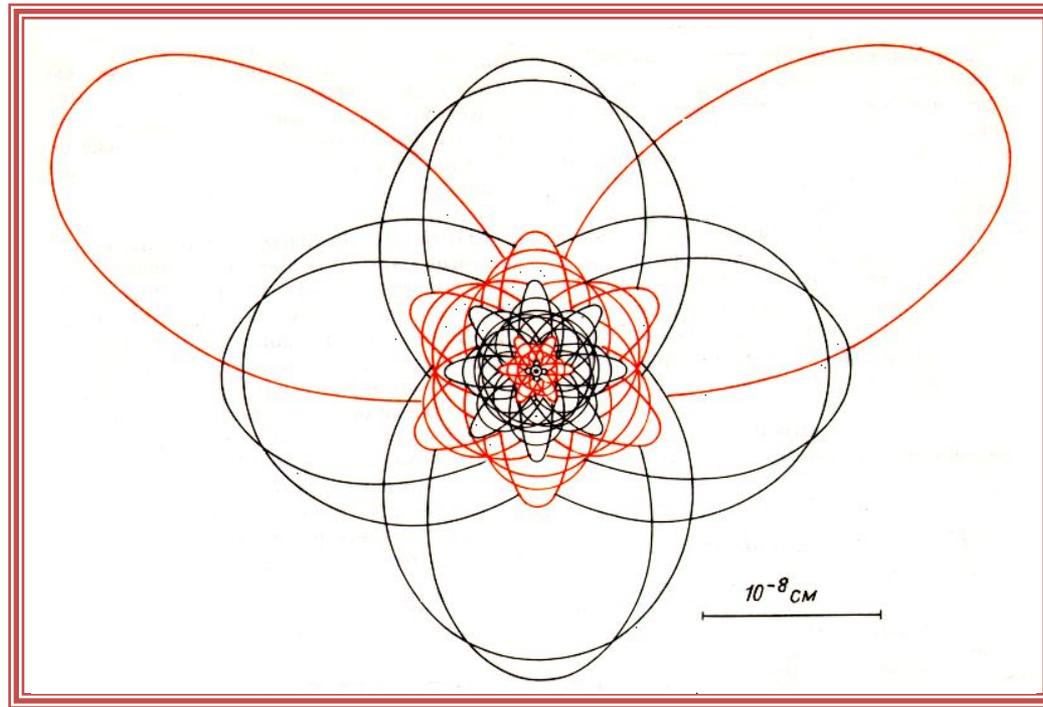


главное

магнитное

**Дополнение
механической
планетарной модели
Резерфорда квантовыми
постулатами Бора,
Зоммерфельда, Паули**

**приводит к согласию с
экспериментальными
результатами Ангстрема,
Бальмера, Зеемана и
других исследователей**

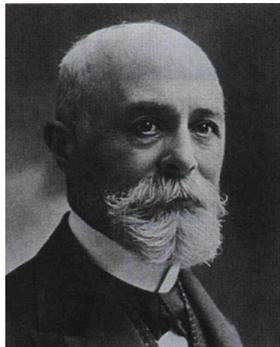


**"Портрет" атома радия
Н. Бор, 1925 г.**

Величина радиуса орбиты при $n = 1$

$$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m e^2} = 53 \text{ пм}$$

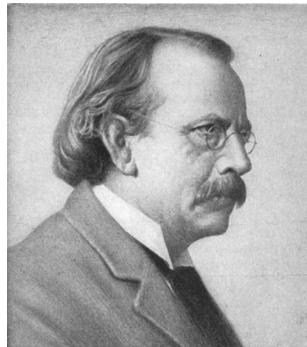
Лауреаты Нобелевской премии о творении и создателе



Антуан Беккерель
(1852-1908)



Джон Флеминг
(1849-1945)



Джозеф Томпсон
(1856-1940)



Макс Планк
(1858-1947)



Роберт Милликен
(1892-1962)



Артур Комптон



Вернер Гейзенберг
(1901-1976)



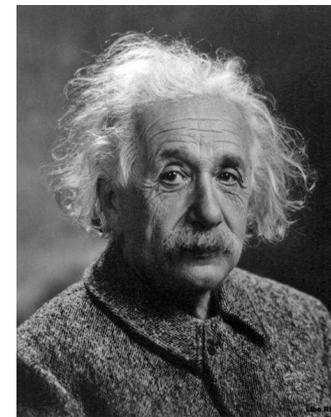
Вольфганг Паули
(1900-1958)



Макс Борн
(1882-1970)



Эдвин Конклин
(1854-1941)



Альберт Эйнштейн
(1879-1955)