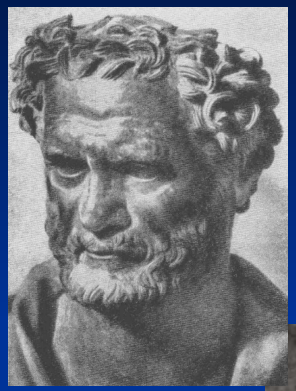
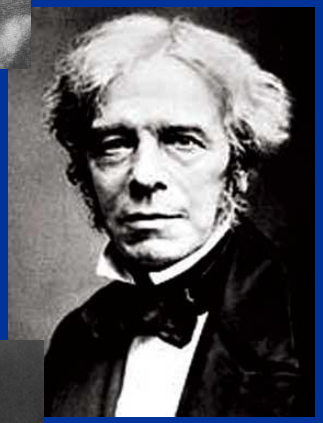
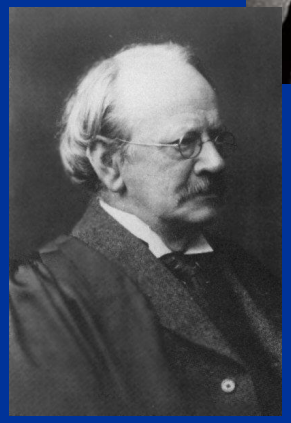
Вглубь атома

или Так начиналась другая физика

Изучение структуры вещества – одна из важнейших задач физики





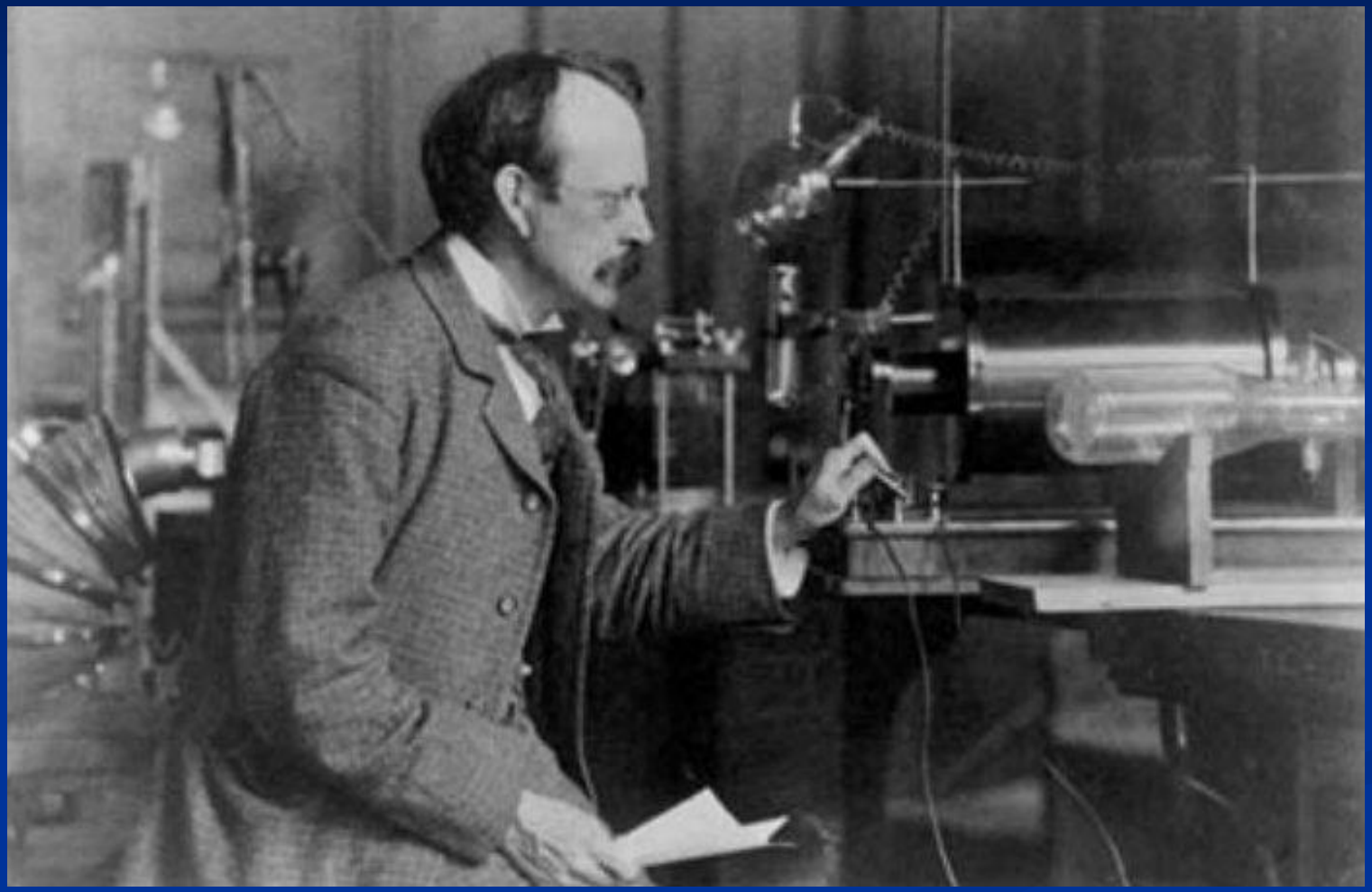


Атомная гипотеза – вещество состоит из частиц, то есть имеет внутреннюю структуру. Свойства этих частиц определяют свойства вещества (Демокрит)

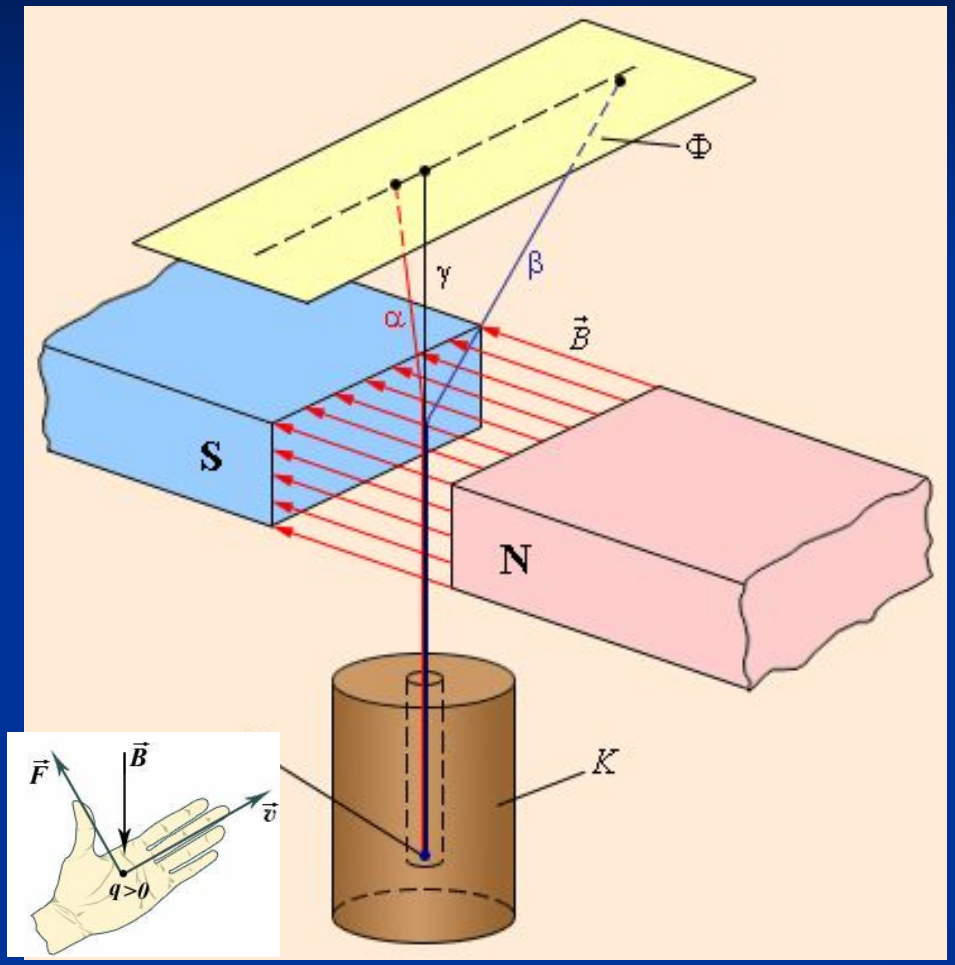
Открытие элементарного электрического заряда (М.Фарадей в опытах по изучению электролиза, 1833)

Открытие электрона – легкой отрицательно заряженной частицы, входящей в состав атома (Дж. Томсон, 1897)

Джозеф Дж. Томсон – создатель современной экспериментальной атомной физики

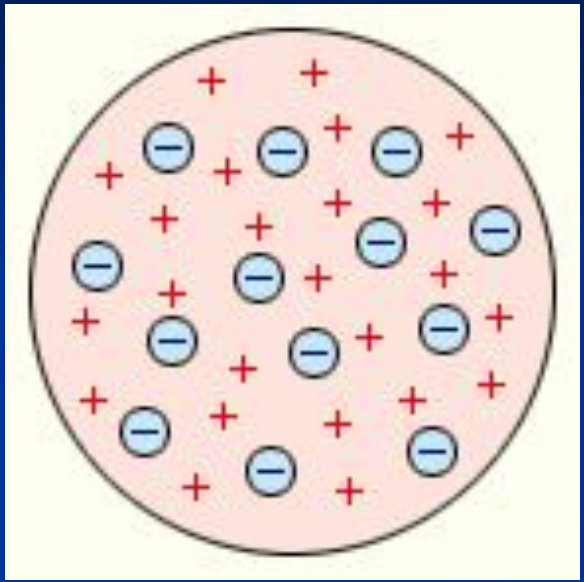


Исследование излучения радиоактивных веществ

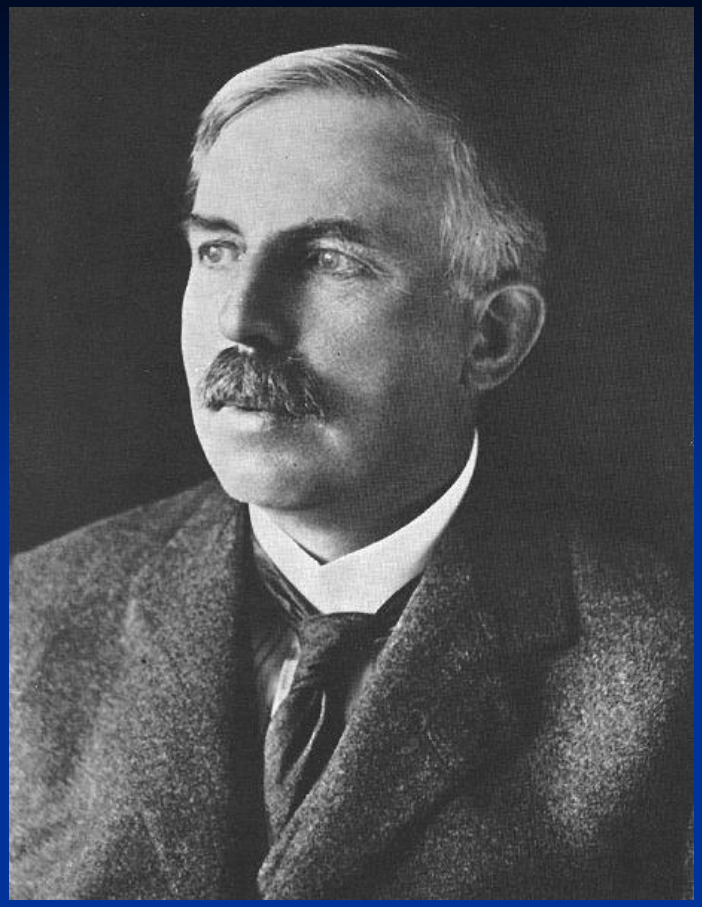


Радиоактивные вещества испускают три типа излучения – тяжелые α-частицы с зарядом +2e, легкие β-частицы с зарядом –e и γ-излучение, не имеющее заряда. Возникла идея, что β-частицы (электроны) входят в состав атома.

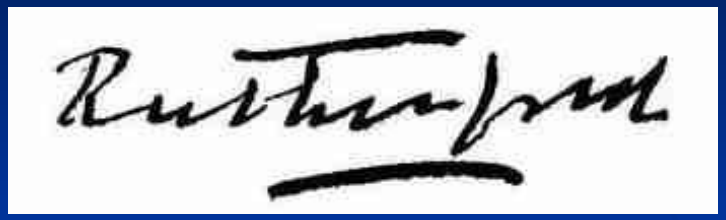
Построение модели внутреннего устройства атома



Модель атома Томсона («пудинговая» модель) - атом представляет собой каплю положительно заряженной «жидкости», в которой находятся электроны



Эрнест Резерфорд
30.08.1871 – 10.10.1937



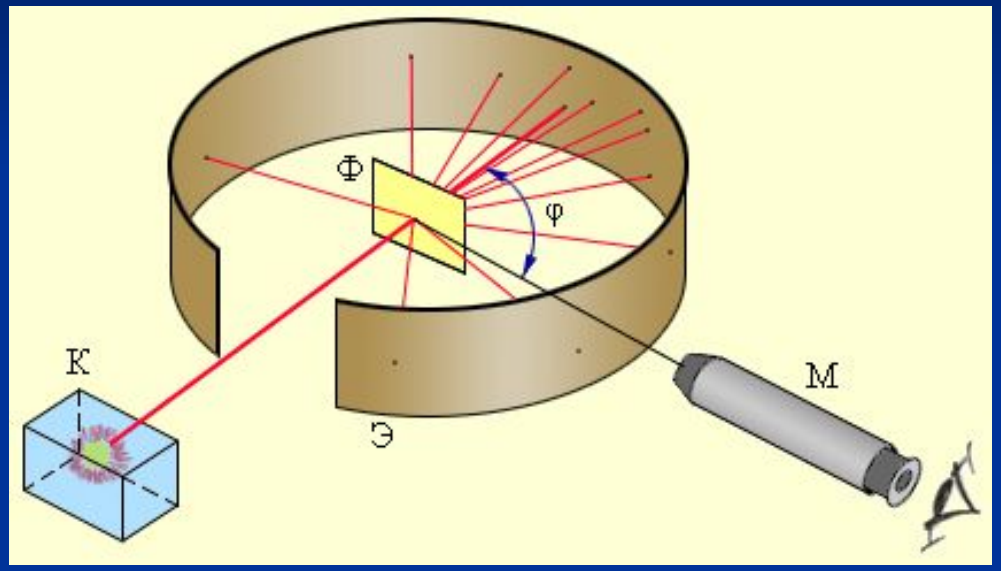
«Резерфорду и его школе принадлежит центральное место в исследованиях, заложивших основу ядерной физики, как в механике оно признается за Ньютоном, .. в электродинамике – за Максвеллом» П.Л.Капица

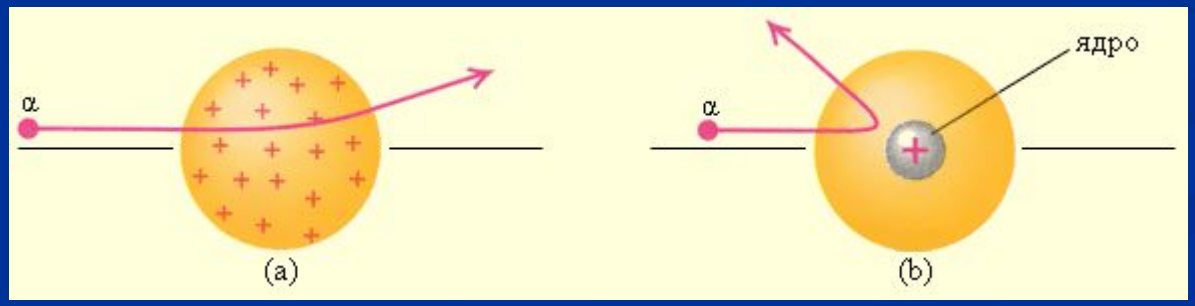
Схема опыта Резерфорда по рассеянию α-частиц.

К – свинцовый контейнер с радиоактивным веществом,

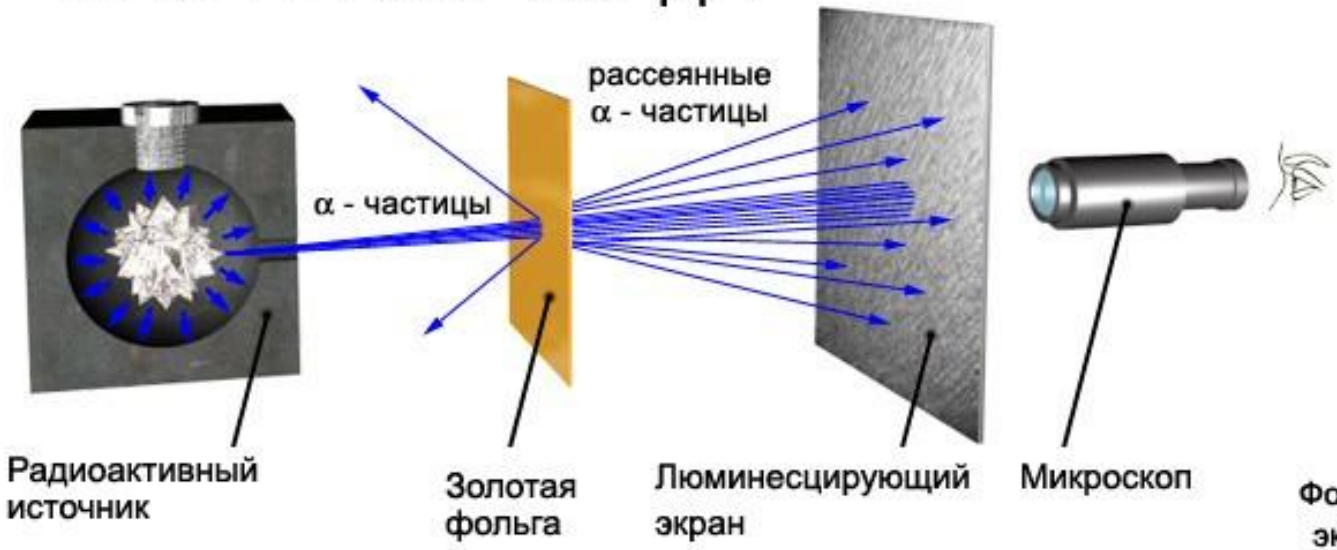
Э – экран, покрытый сернистым цинком,

Ф – золотая фольга, М – микроскоп





ОПЫТ РЕЗЕРФОРДА



Фотографии люминесцирующего экрана при отсутствии золотой фольги в потоке α - частиц и при ее внесении в поток

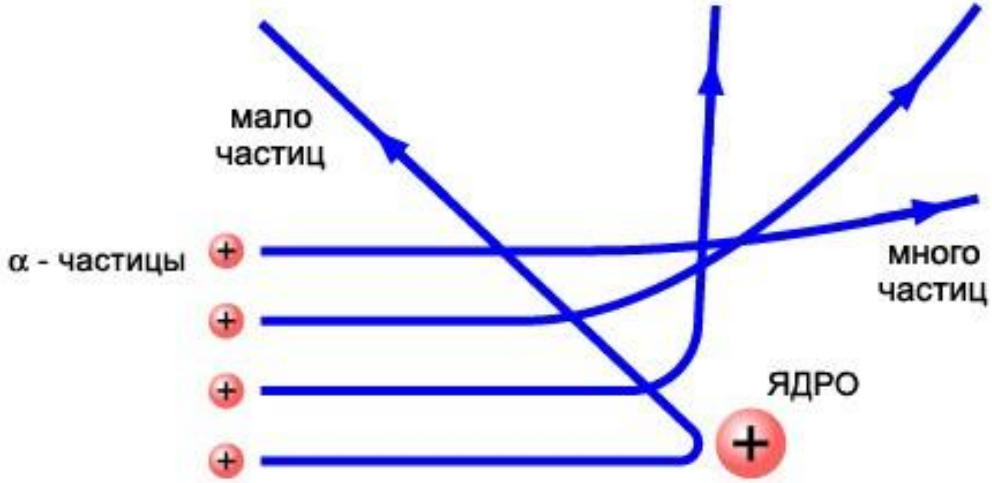
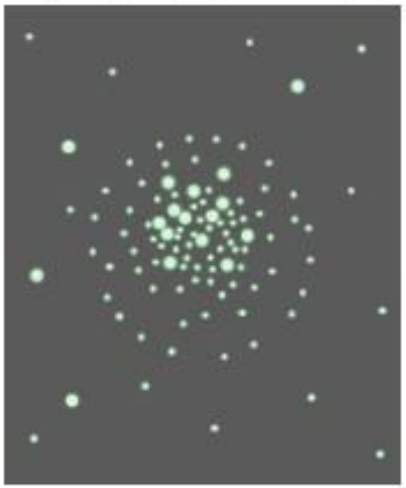


СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ α - ЧАСТИЦ С ЯДРОМ



Каждая вспышка вызывается ударом α - частицы об экран

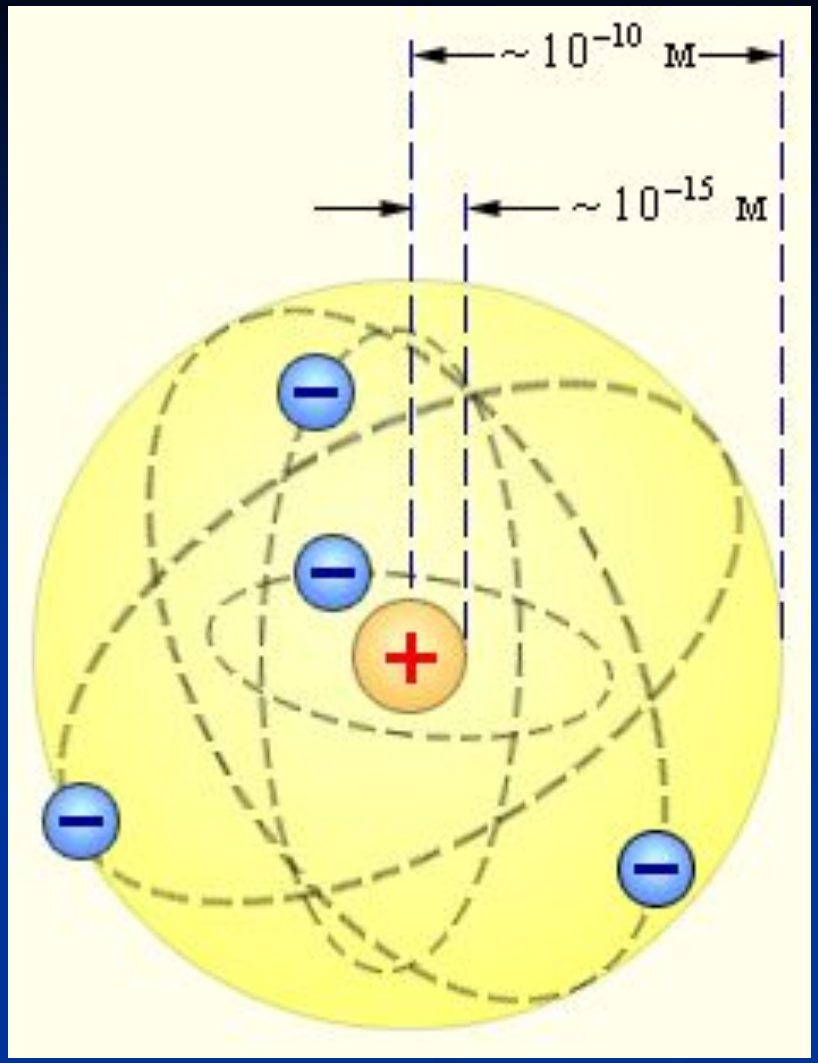
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Резерфорд в лаборатории

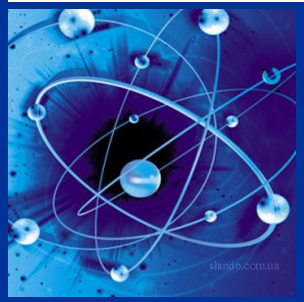
Резерфорд в те годы был больше похож на спортсмена или агронома, проводящего время на свежем воздухе, всегда был весел. Непосвященным трудно было представить себе, что перед ними один из самых Выдающихся физиков мира

Модель атома Резерфорда, 1911 г («планетарная модель»)

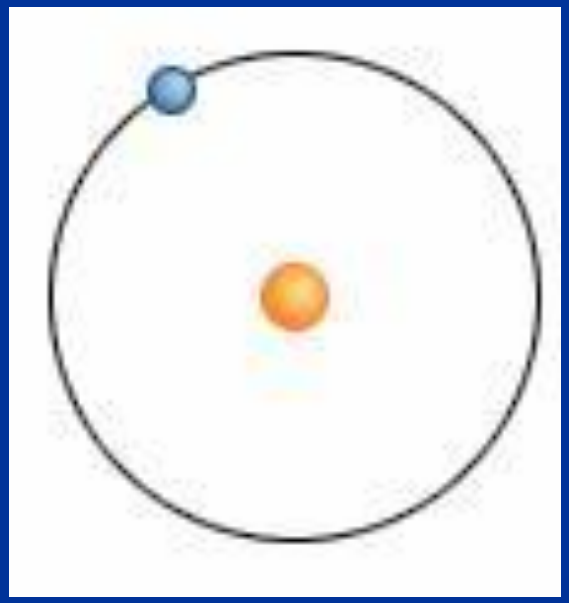
Практически вся масса атома сосредоточена в очень малой центральной части – положительно заряженном ядре. Его заряд равен номеру элемента в периодической таблице и числу электронов в нейтральном атоме. Ион – это нейтральный атом, лишенный части электронов, которые можно сравнительно легко «оторвать» от атома.

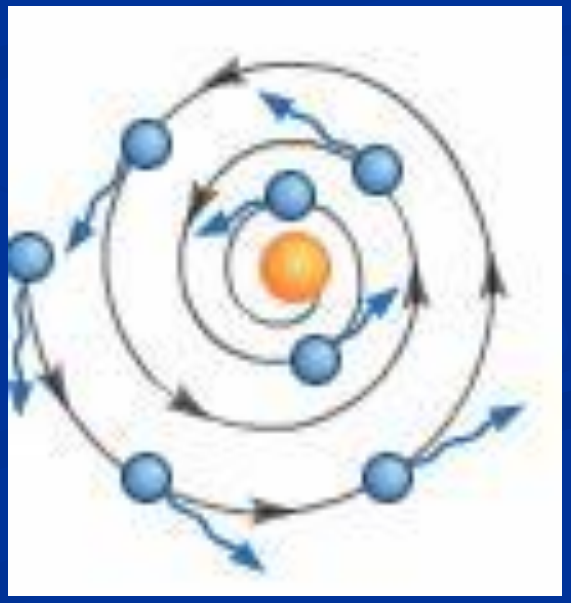


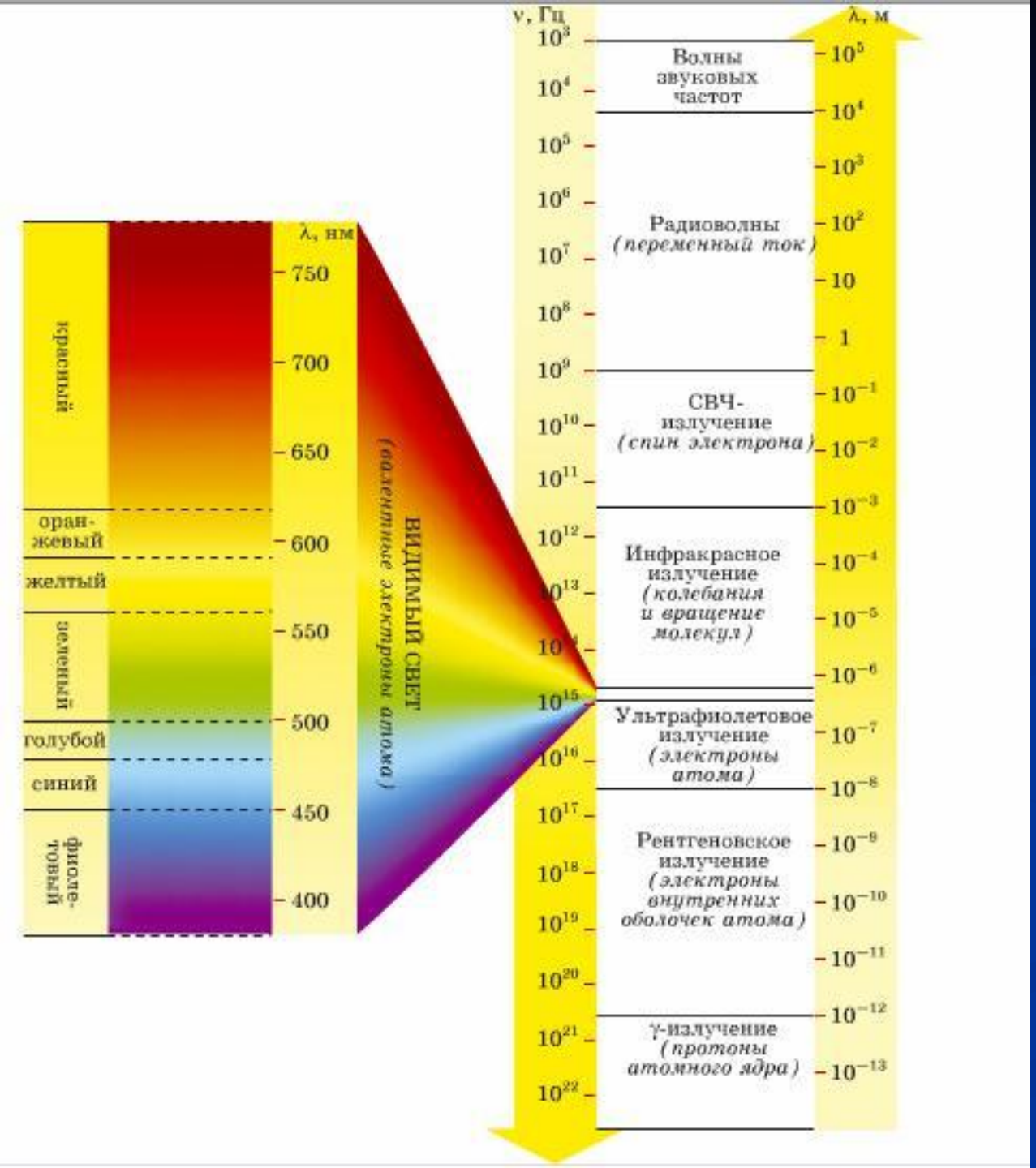
Заряд иона кратен величине $e=1.60218 \cdot 10^{-19}$ Кл, являющейся фундаментальной физической константой – заряду электрона



Резерфорд прекрасно понимал, что его модель противоречит классической электродинамике. Движущийся по окружности электрон должен непрерывно излучать электромагнитные волны и через 10^{-8} секунды упасть на ядро. Стало ясно, что атомный мир подчиняется законам, отличающимся от законов Ньютона, законов классической физики

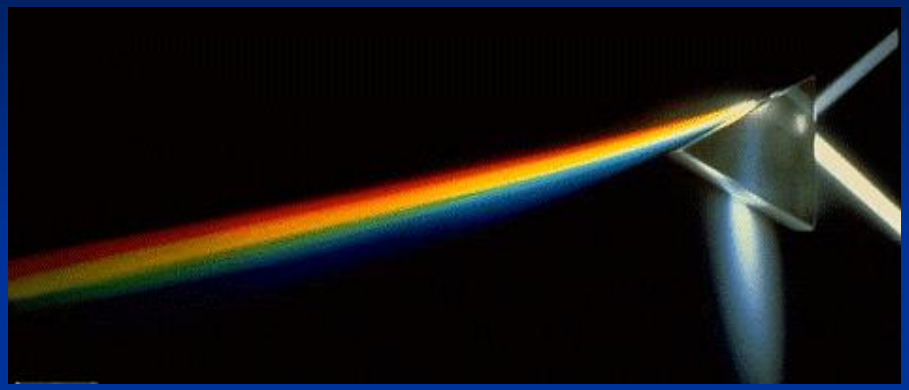






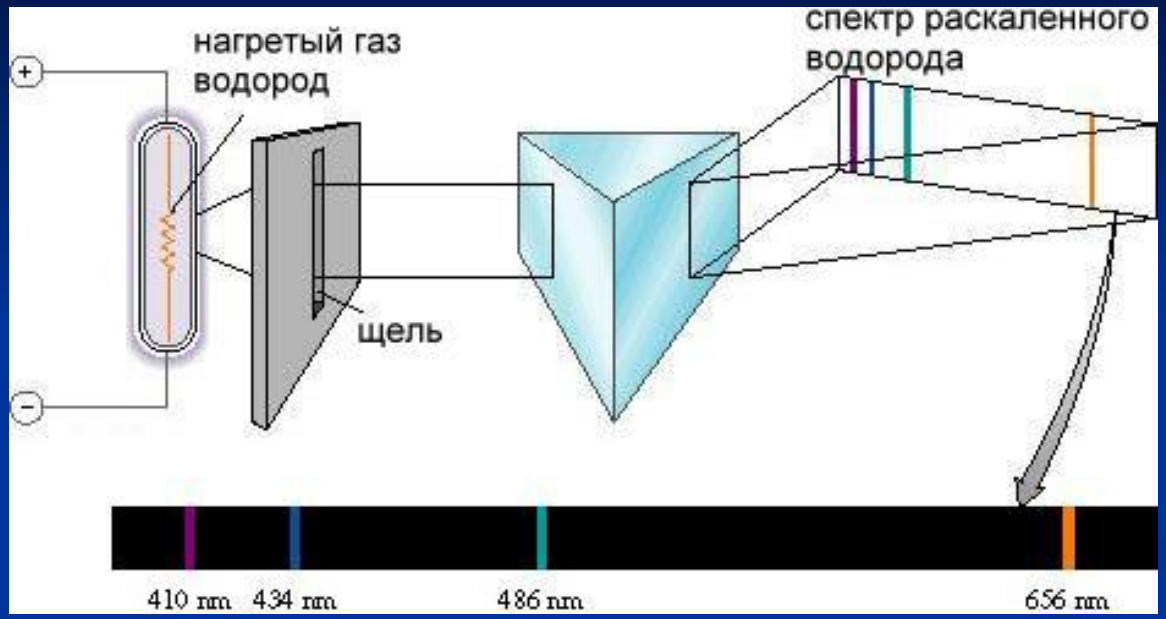
Шкала электромагнитных волн. Излучение световых волн связано с движением электронов в атоме и изменением их энергии

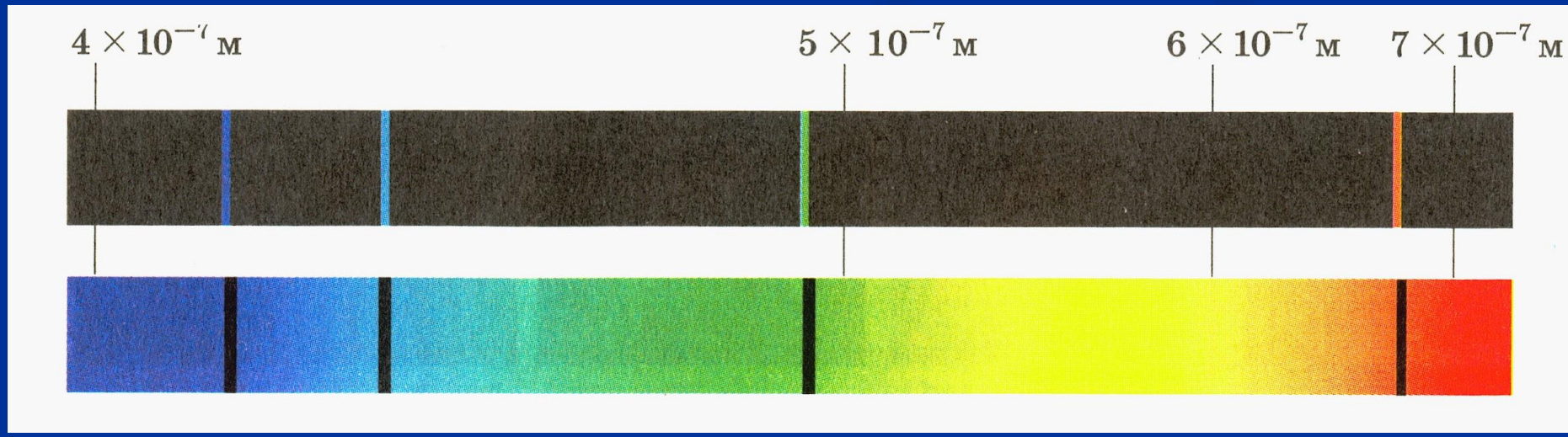
Видимый свет имеет определенную структуру, которая может быть получена разложением его в спектр с помощью призмы (Ньютон, 1672 г)



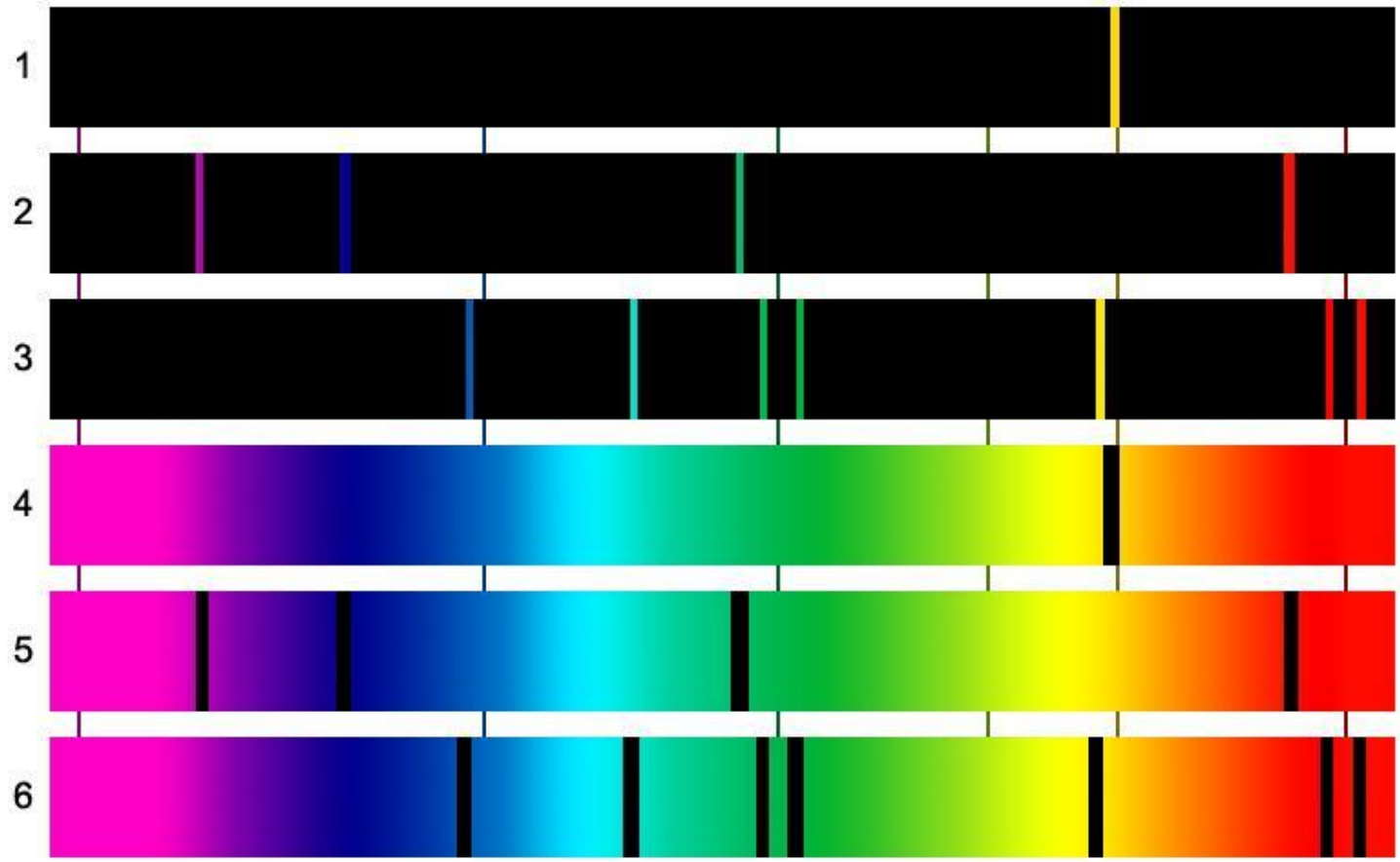
Непрерывный (сплошной) спектр – излучается нагретыми твердыми и жидкими телами

Отдельные атомы испускают свет, спектр которого состоит из отдельных узких линий. Каждый химический элемент обладает своим спектром излучения

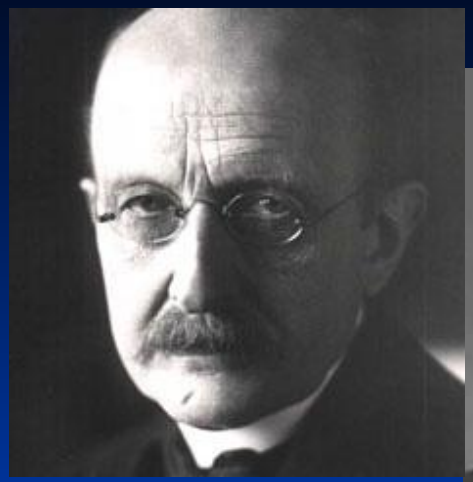




Линейчатые спектры испускания и поглощения

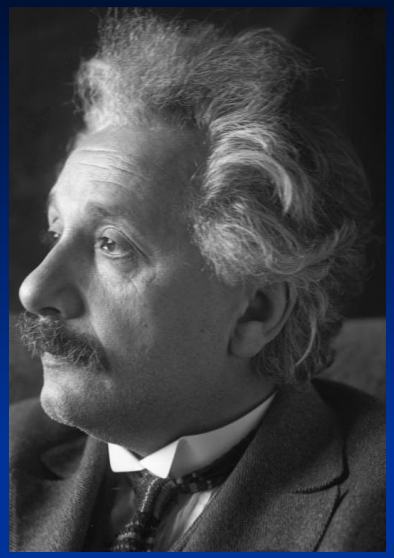


Спектры испускания: 1 - натрия; 2 - водорода; 3 - гелия.
Спектры поглощения: 4 - натрия; 5 - водорода; 6 - гелия.



Макс Планк

Нильс Бор

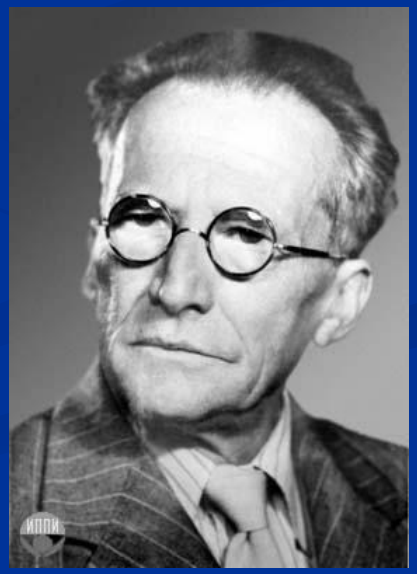


Альберт Эйнштейн

Вольфганг Паули

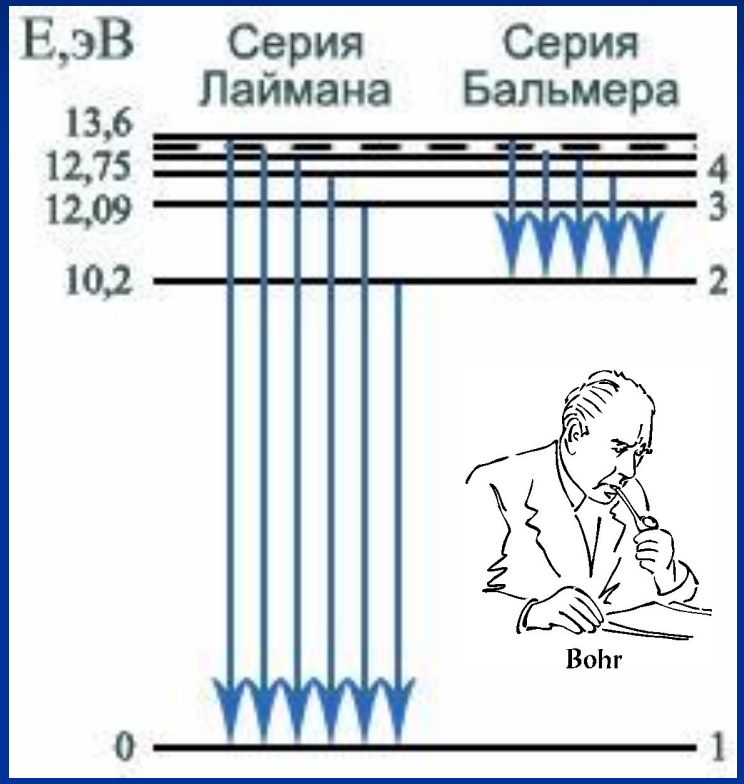
Создатели Квантовой теории

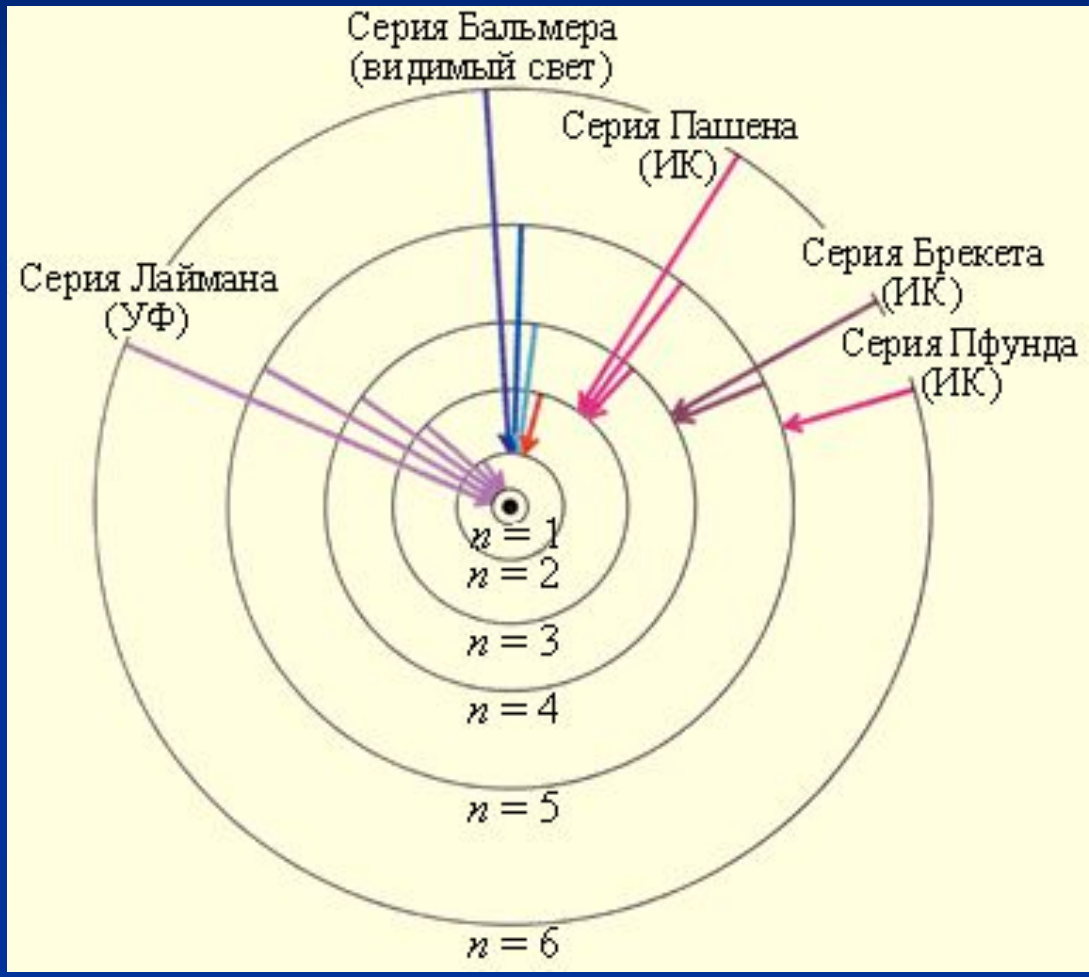
Вернер Гейзенберг



Эрвин Шредингер

Предположив наличие устойчивых (стационарных) состояний электронов в атомах, Бор, фактически сформировал новое направление мышления при описании микромира – новую парадигму. Начала создаваться квантовая механика, правильно описавшая поведение атомов и излучение ими света.

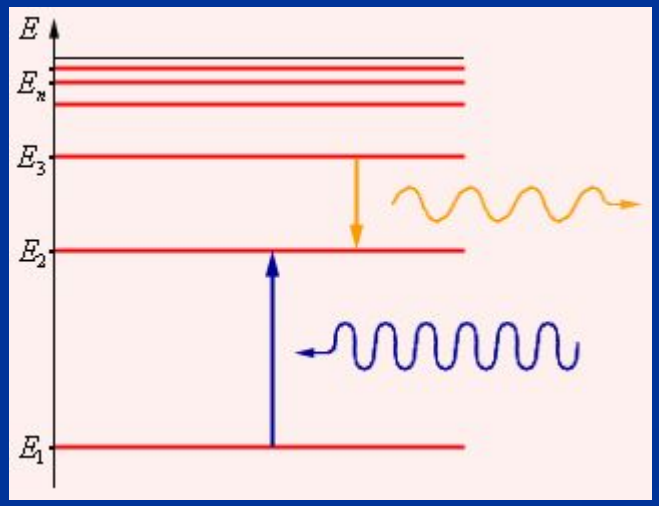




1 эВ=1.6·10^{-19} Кл · 1 В= =1.6 · 10^{-19} Дж

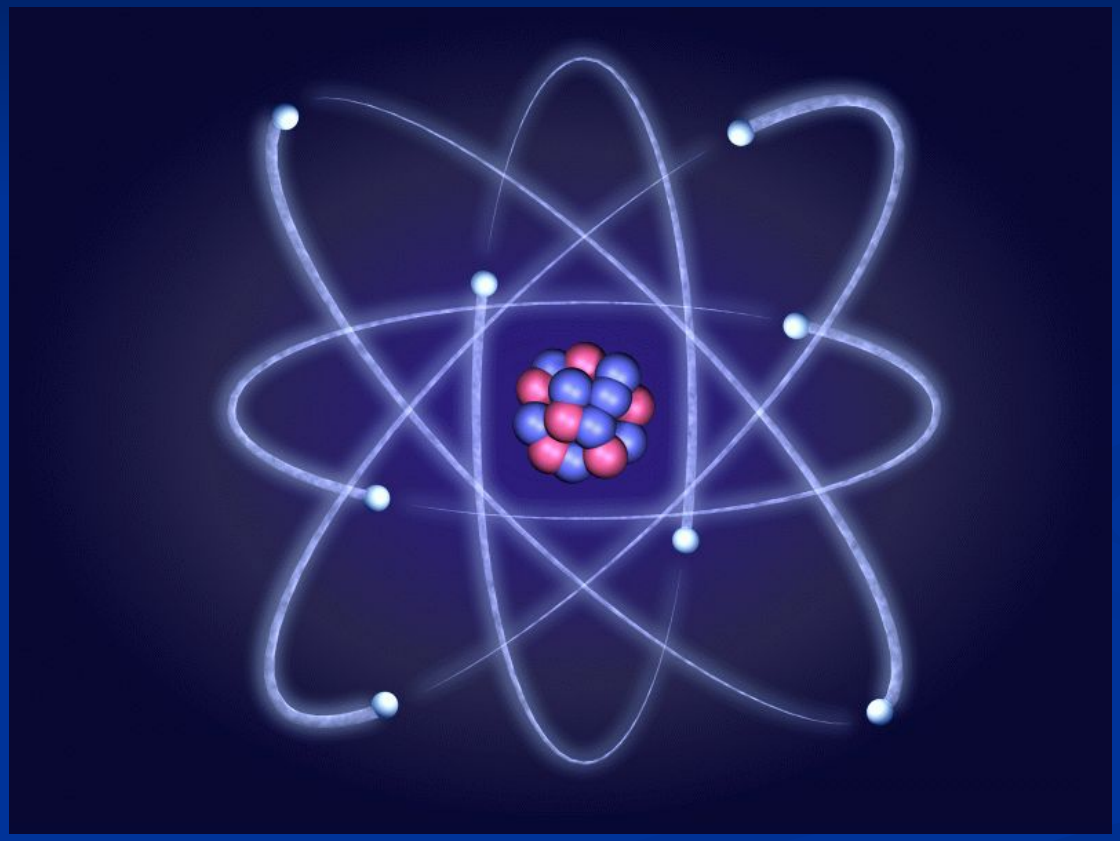
Электрон в атоме может находиться лишь в **определенных стационарных состояниях**, каждому из которых соответствует определенная энергия. В стационарных состояниях атом не излучает электромагнитные волны.

Излучение или поглощение происходит только при переходе электрона в атоме из одного стационарного состояния в другое. Энергия излученного или поглощенного кванта (порции) электромагнитного излучения равна модулю разности энергий в этих состояниях:



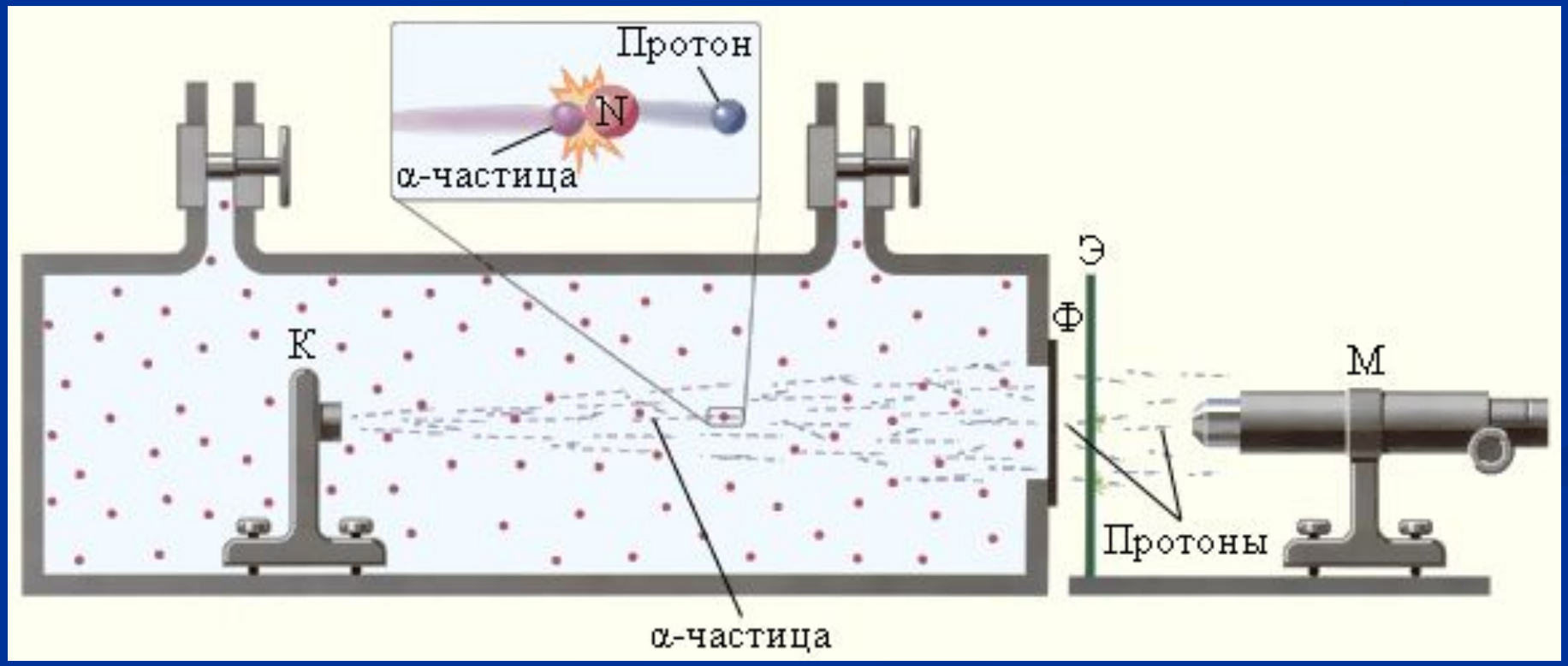
$$E_{изл} = |Em - En|$$

Имеет ли атомное ядро внутреннюю структуру?



Радиоактивные элементы представляют собой источники высокоэнергетических тяжелых α–частиц, с помощью которых можно изучать внутреннее строение ядер. Таким образом было установлено присутствие в ядрах элементов двух видов тяжелых частиц – положительно заряженных протонов, и незаряженных нейтронов

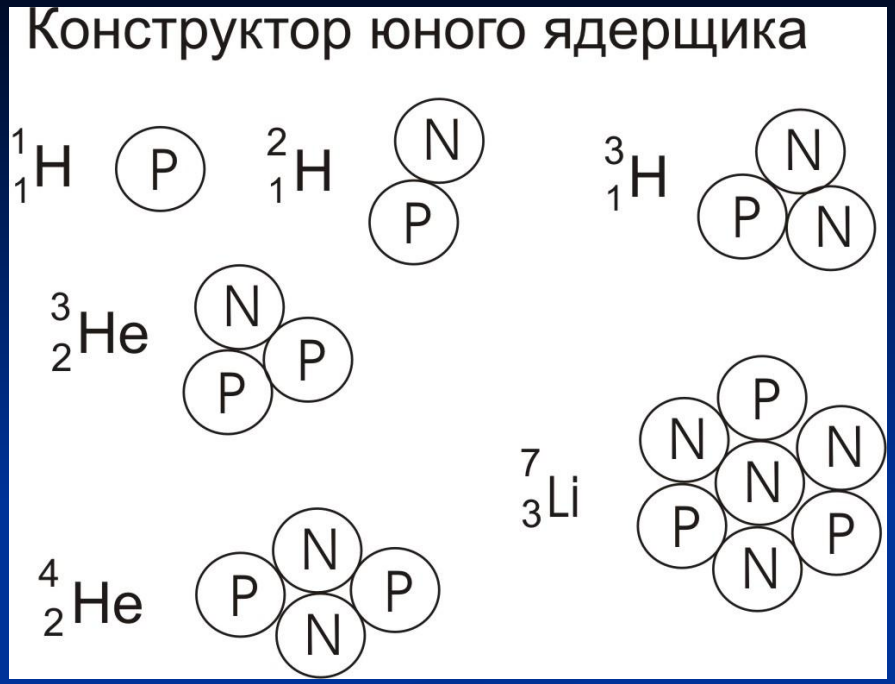
Схема опытов Резерфорда по обнаружению протонов (1919 г)



Ядра обозначаются в соответствии с их строением

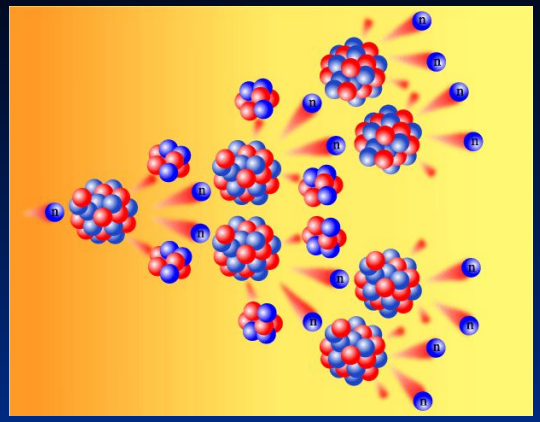
Число протонов Z (нижний индекс) **зарядовое число** – это номер элемента в таблице Менделеева. Число электронов в нейтральном атоме с таким ядром также равно Z. Оно определяет химические свойства атома.

A=Z+N **массовое число** (верхний индекс)– суммарное число протонов и нейтронов. Оно определяет массу ядра.



Не все ядра стабильны. Некоторые самопроизвольно распадаются на другие. Кроме этого, ядра могут превращаться друг в друга в результате **ядерных реакций** под воздействием других частиц и ядер

Ядерные реакции



Ядерная реакция – превращение одних ядер в другие самопроизвольно или под действием других элементарных частиц. Законы сохранения массы и заряда приводят к тому, что суммарный заряд (Z) и полное число тяжелых частиц (A) в реакциях сохраняется. Кроме того выполняется закон сохранения энергии. Разрыв связей между частицами, входящими в состав ядер, приводит к выделению или поглощению энергии, как и в химических реакциях, но в миллионы раз большей.

Наиболее известны реакции деления тяжелых ядер и слияния легких (синтеза)

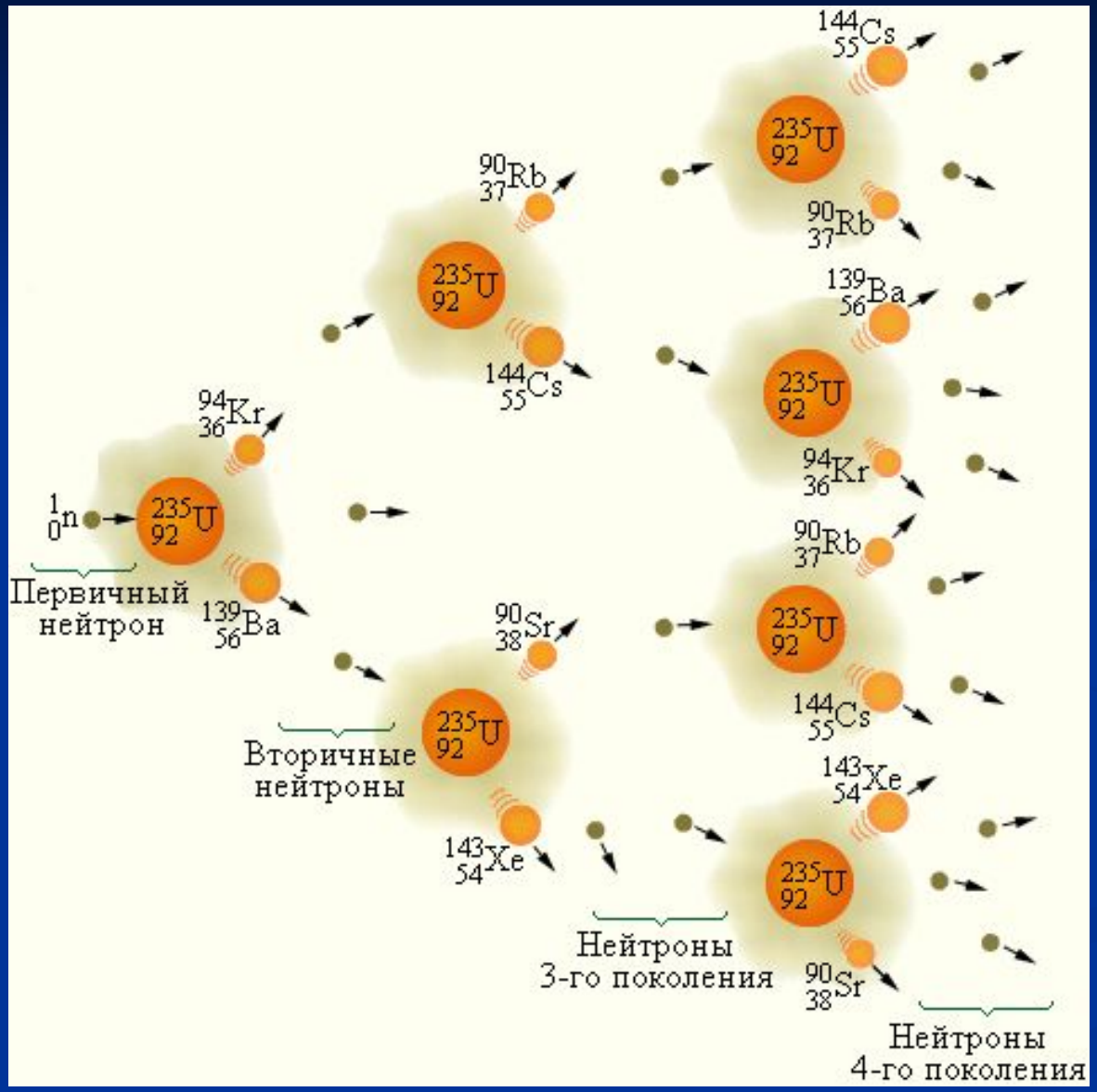
Реакция деления ядра урана

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{89}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n$$

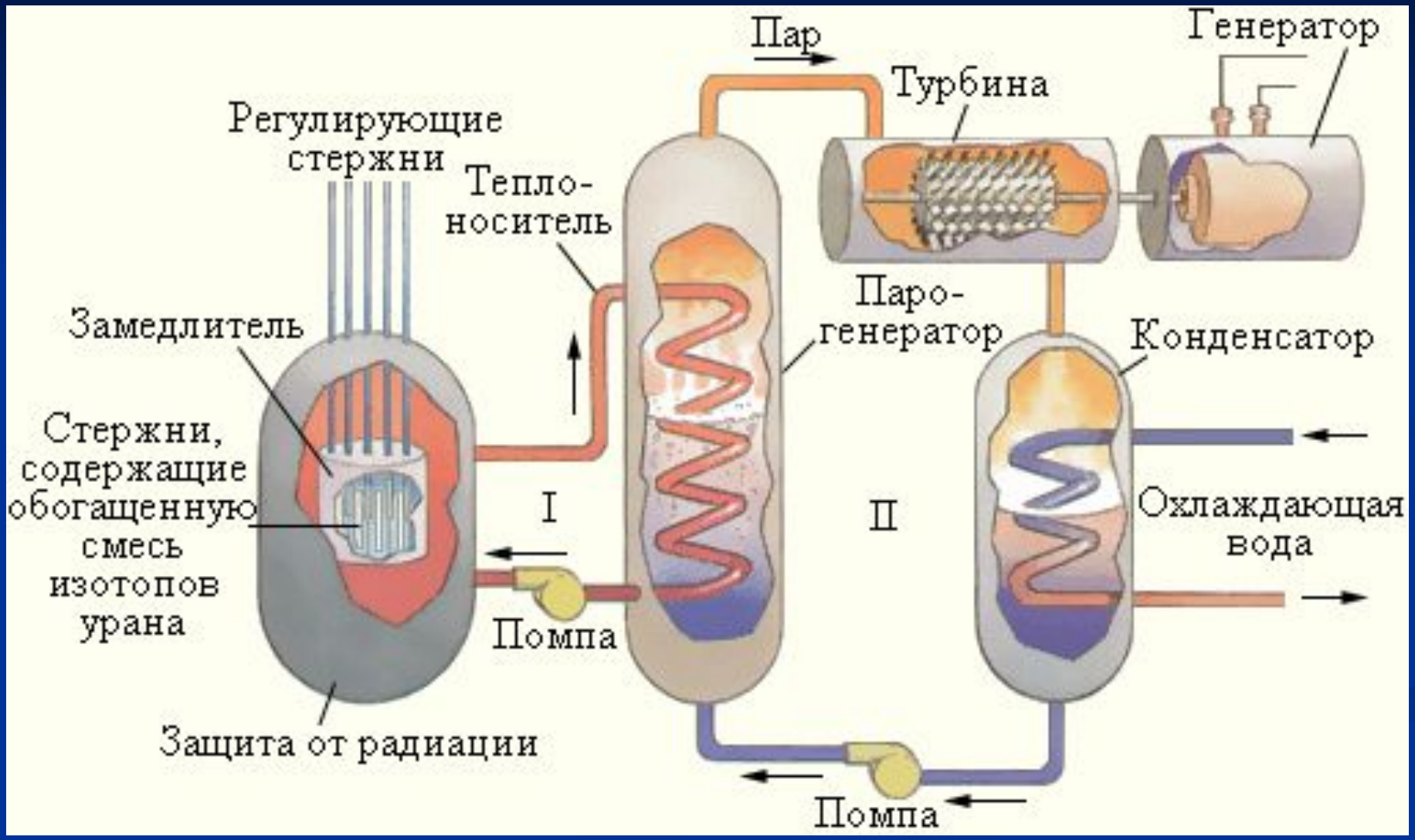
Реакция термоядерного синтеза

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

Цепная реакция деления ядер урана



Ядерный реактор



Радиоактивный распад

Нестабильные ядра испытывают ряд превращений, в конце которого находится стабильное ядро. Время, за которое распадается половина имеющихся нестабильных ядер, называется **периодом полураспада данного ядра Т.**

$$^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}e$$

T=5730 лет

$$^{238}_{92}U \rightarrow .... \rightarrow ^{206}_{82}Pb$$

T=4.5 млрд. лет

Биологическое действие радиоактивных излучений

Радиоактивные излучения оказывают сильное биологическое действие на ткани живого организма, заключающееся в ионизации атомов и молекул среды. Возбужденные атомы и ионы обладают сильной химической активностью, поэтому в клетках организма появляются новые химические соединения, чуждые здоровому организму. Под действием ионизирующей радиации разрушаются сложные молекулы и элементы клеточных структур. В человеческом организме нарушается процесс кроветворения, приводящий к дисбалансу белых и красных кровяных телец. Человек заболевает белокровием, или так называемой лучевой болезнью. Большие дозы облучения приводят к смерти.

Поглощенная доза излучения D — это отношение поглощенной энергии к массе облучаемого вещества. Единица поглощенной дозы излучения — грей (Гр). Допустимая доза облучения составляет < 0,25 Гр. Доза облучения 6—10 Гр, полученная за короткое время, смертельна.