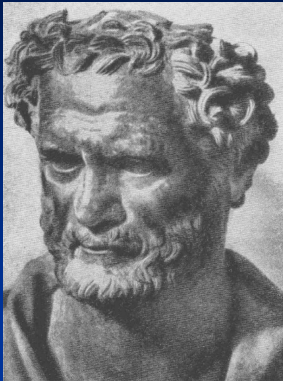


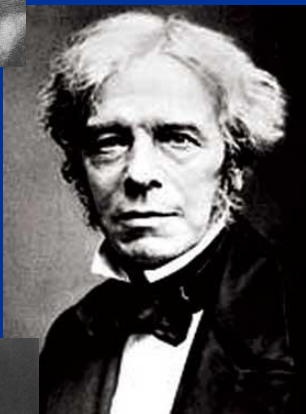
# Вглубь атома

или Так начиналась другая  
физика

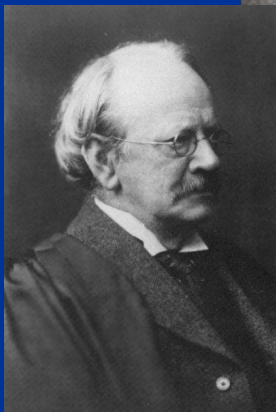
# Изучение структуры вещества – одна из важнейших задач физики



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

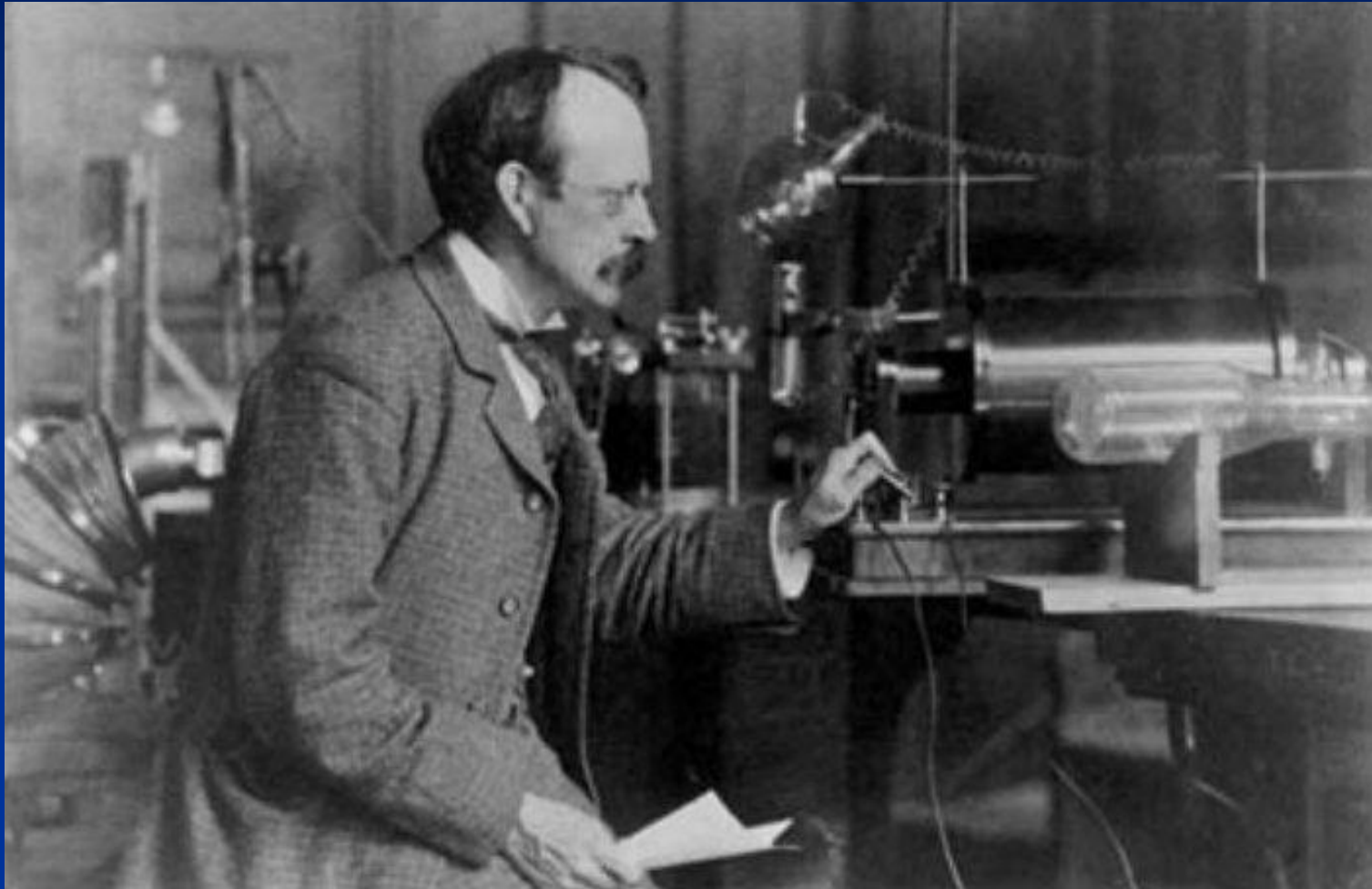


**Открытие элементарного электрического заряда** (М.Фарадей в опытах по изучению электролиза, 1833)

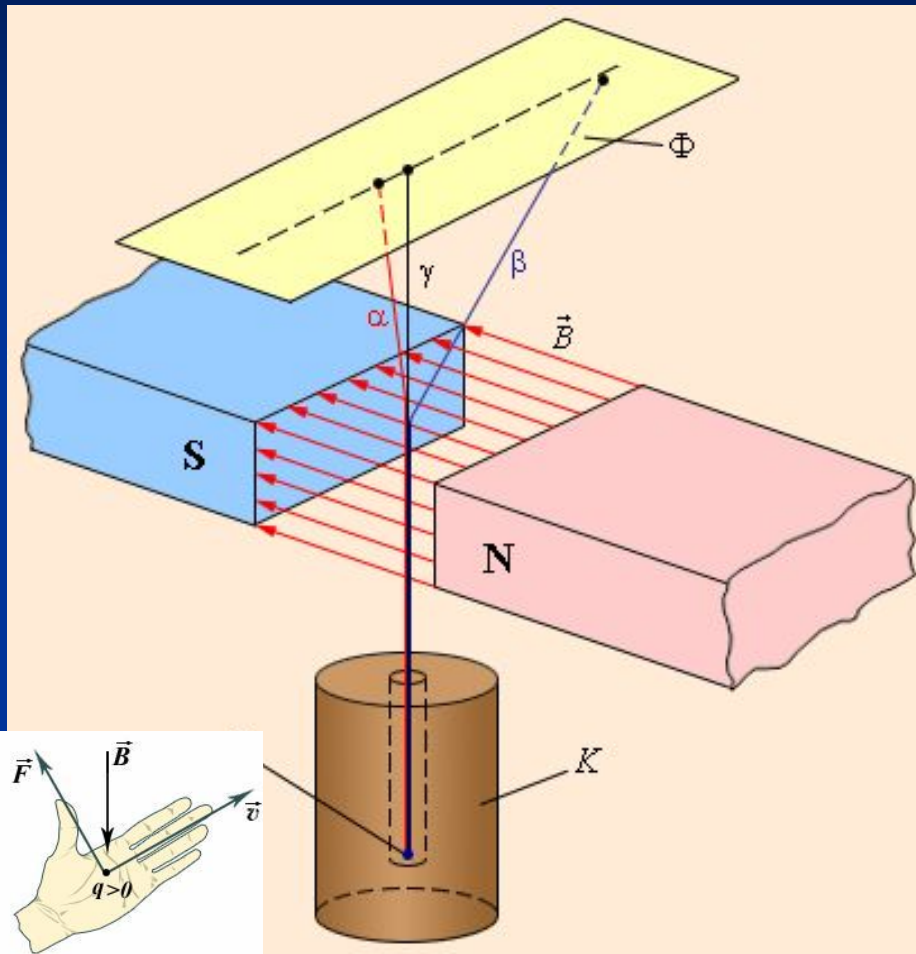


**Открытие электрона** – легкой отрицательно заряженной частицы, входящей в состав атома (Дж. Томсон, 1897)

# Джозеф Дж. Томсон – создатель современной экспериментальной атомной физики

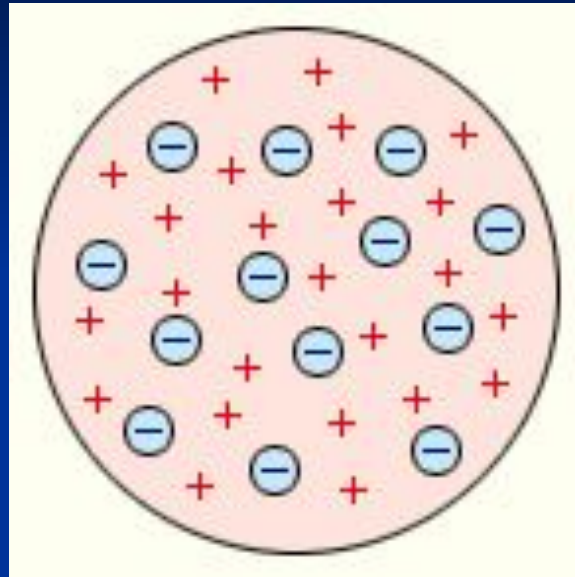


# Исследование излучения радиоактивных веществ

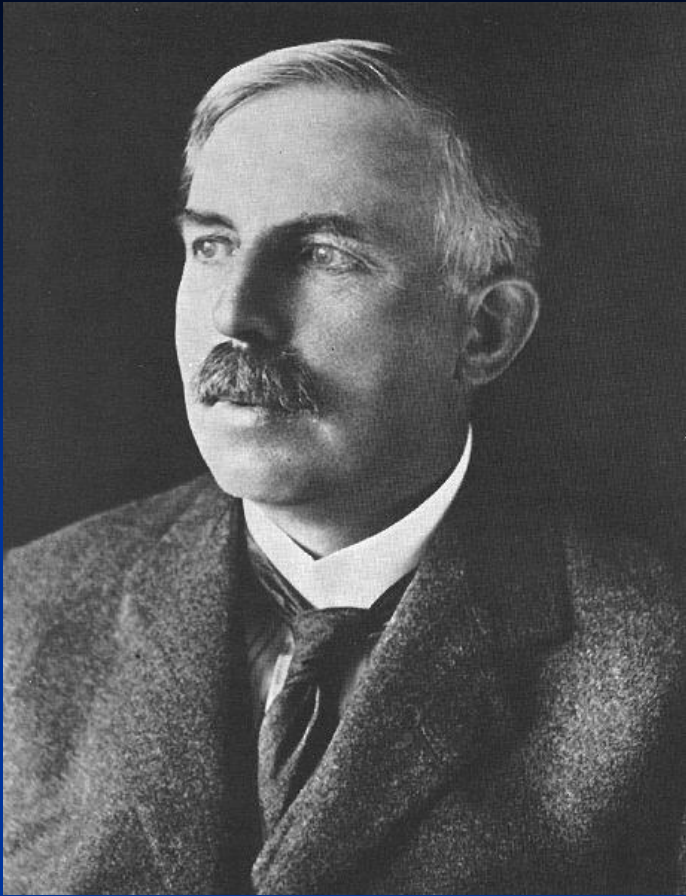


Радиоактивные вещества испускают три типа излучения – тяжелые  $\alpha$ -частицы с зарядом  $+2e$ , легкие  $\beta$ -частицы с зарядом  $-e$  и  $\gamma$ -излучение, не имеющее заряда. Возникла идея, что  $\beta$ -частицы (электроны) входят в состав атома.

# 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

A handwritten signature of Ernest Rutherford in black ink on a white background. The signature is written in a cursive style and is underlined.

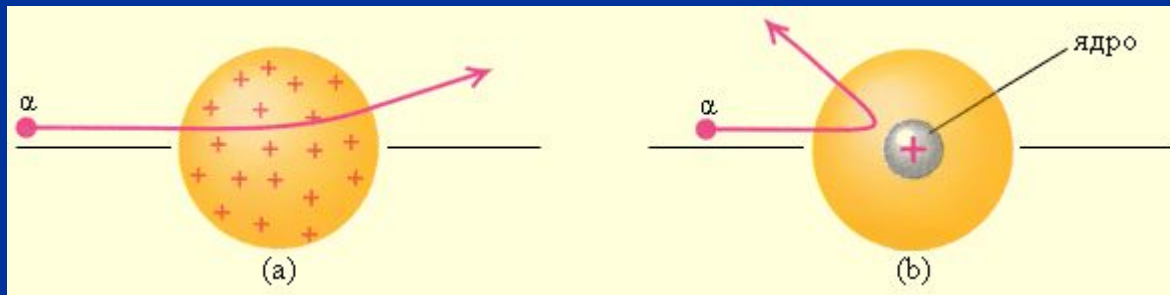
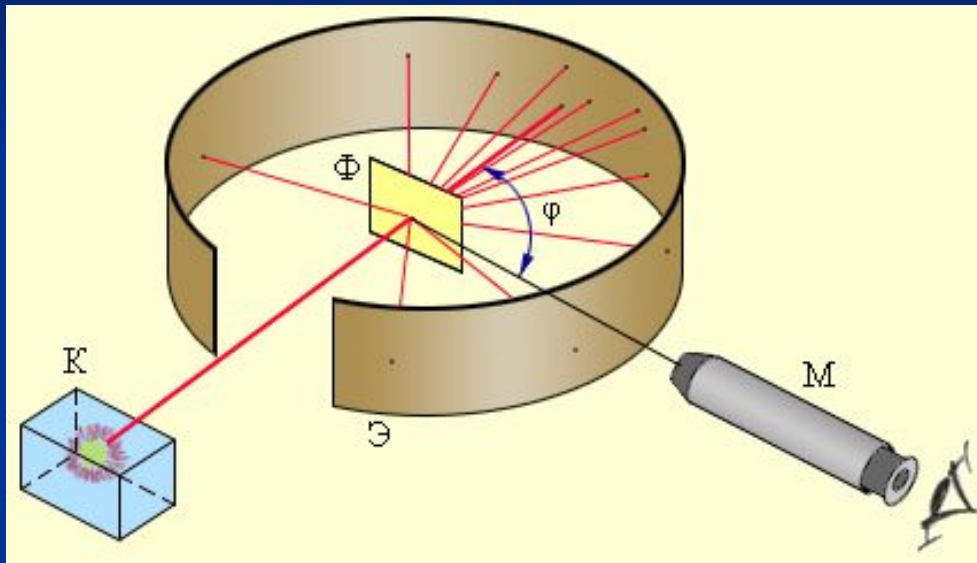
«Резерфорду и его школе принадлежит центральное место  
в исследованиях, заложивших основу ядерной физики,  
как в механике оно признается за Ньютоном, ..  
в электродинамике – за Максвеллом» П.Л.Капица

## Схема опыта Резерфорда по рассеянию $\alpha$ -частиц.

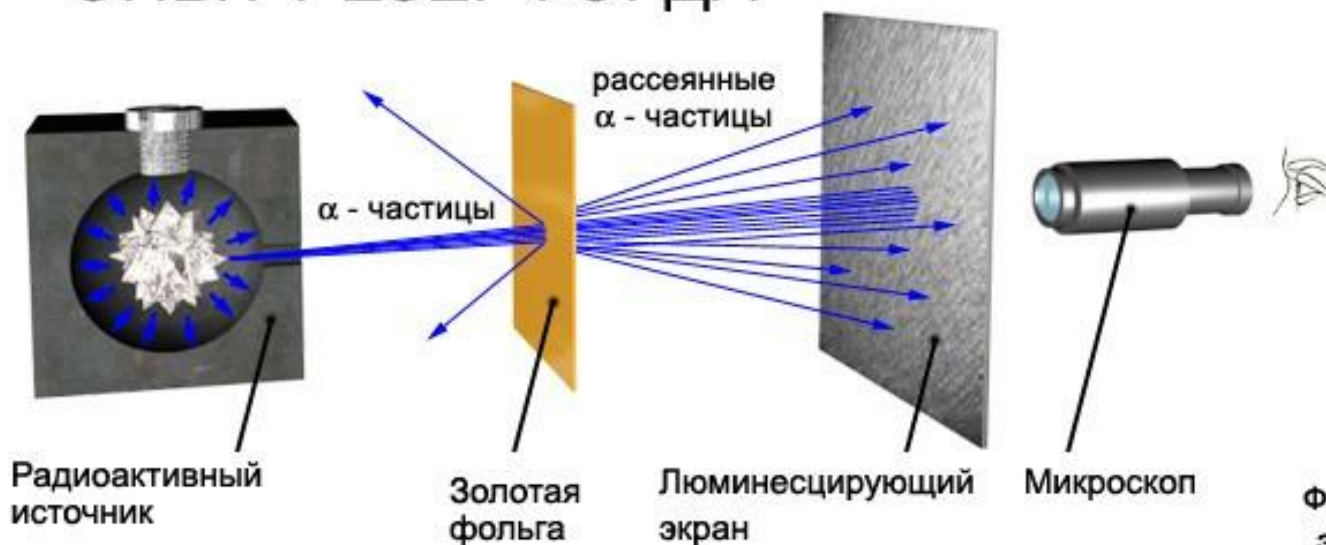
К – свинцовый контейнер с радиоактивным веществом,

Э – экран, покрытый сернистым цинком,

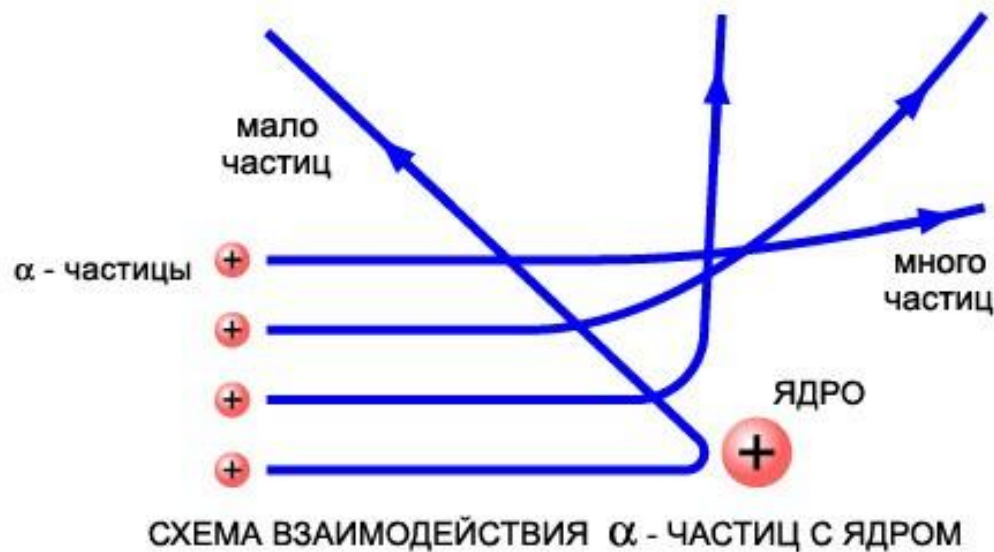
Ф – золотая фольга, М – микроскоп



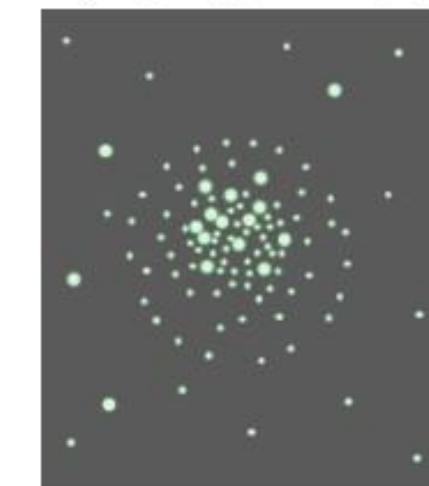
# ОПЫТ РЕЗЕРФОРДА



Фотографии люминесцирующего экрана при отсутствии золотой фольги в потоке  $\alpha$  - частиц и при ее внесении в поток



## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ



Каждая вспышка вызывается ударом  $\alpha$  - частицы об экран



## Резерфорд в лаборатории

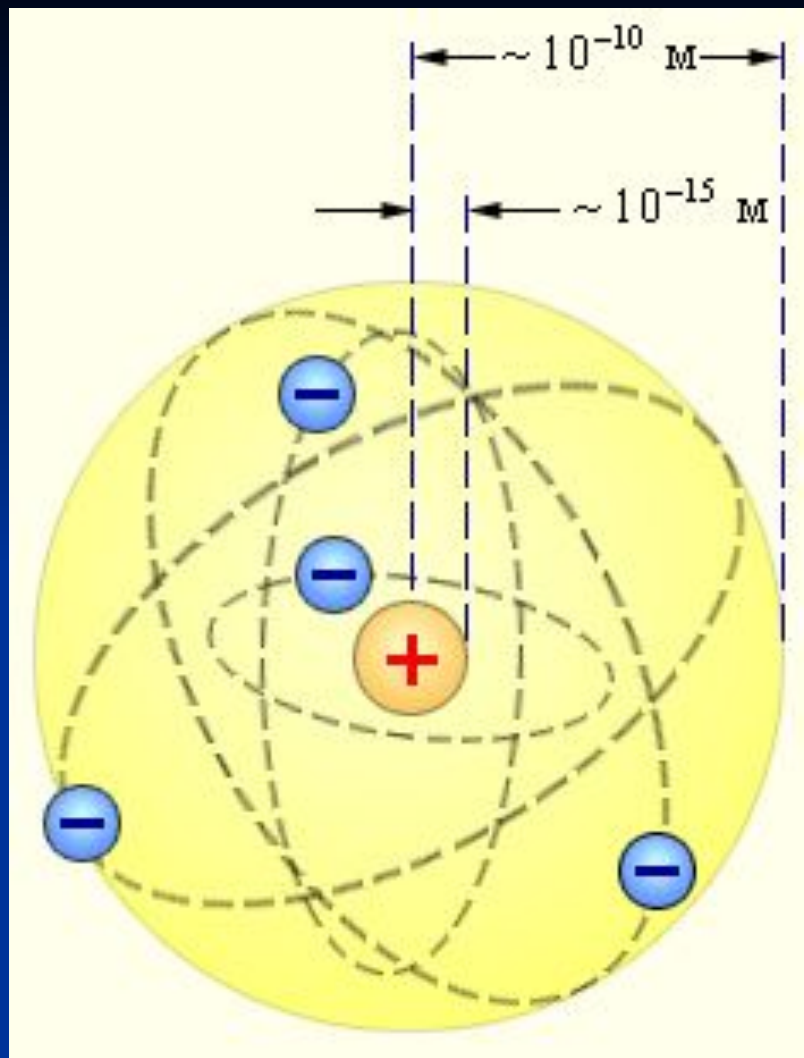
Резерфорд в те годы был больше похож на спортсмена или агронома, проводящего время на свежем воздухе, всегда был весел. Непосвященным трудно было представить себе, что перед ними один из самых выдающихся физиков мира



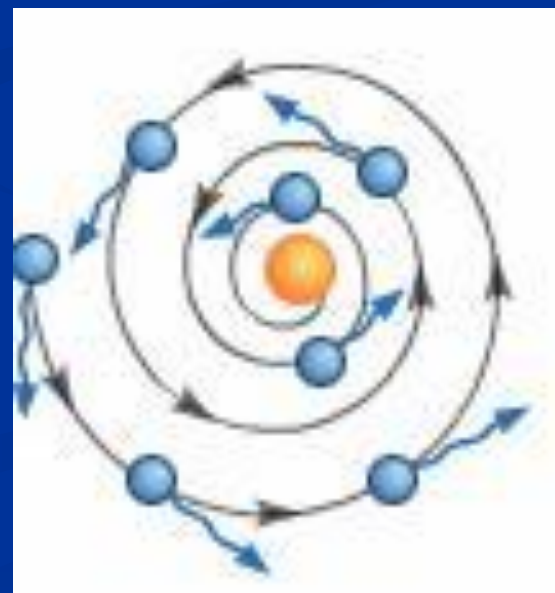
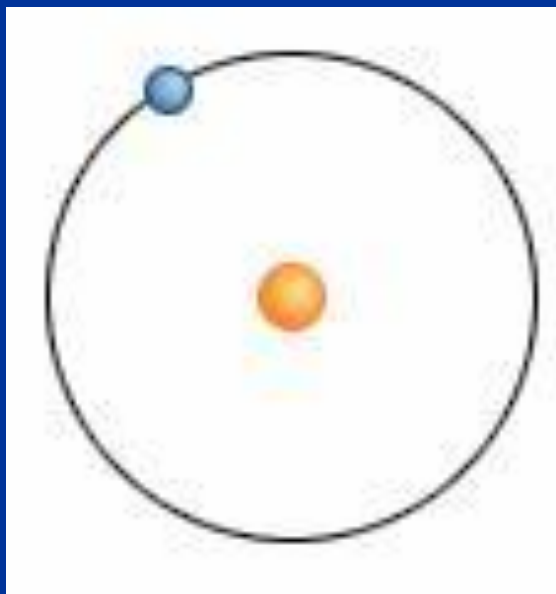
# Модель атома Резерфорда, 1911 г («планетарная модель»)

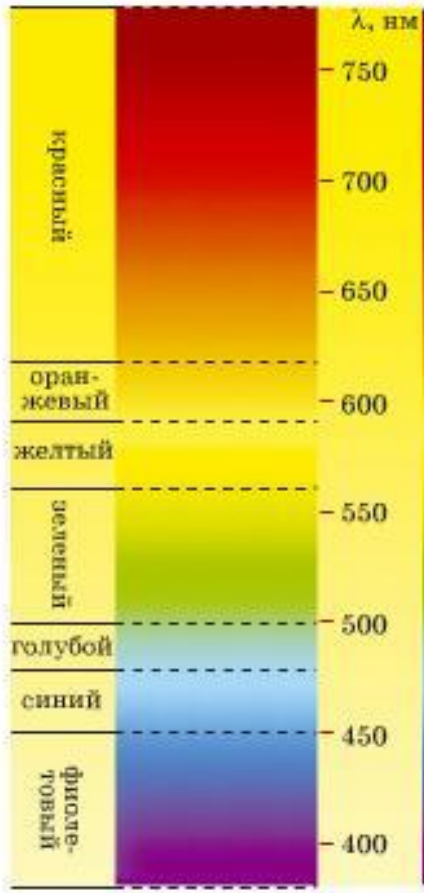
Практически вся масса атома сосредоточена в очень малой центральной части – положительно заряженном **ядре**. Его заряд равен номеру элемента в периодической таблице и числу электронов в нейтральном атоме. Ион – это нейтральный атом, лишенный части электронов, которые можно сравнительно легко «оторвать»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



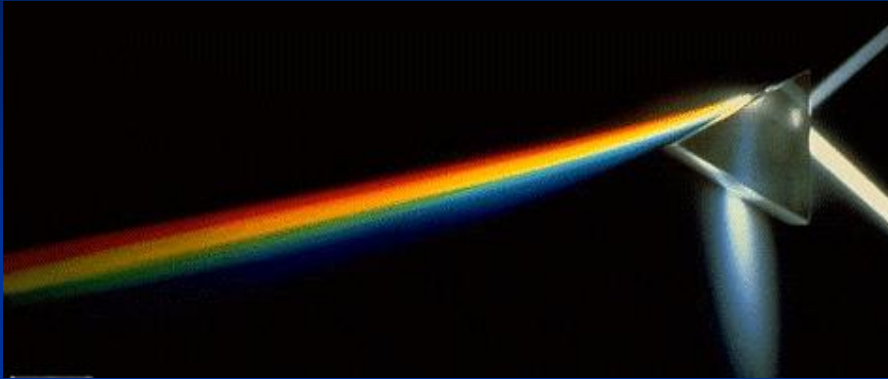


ВИДИМЫЙ СВЕТ  
(подъемные электроны атома)



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

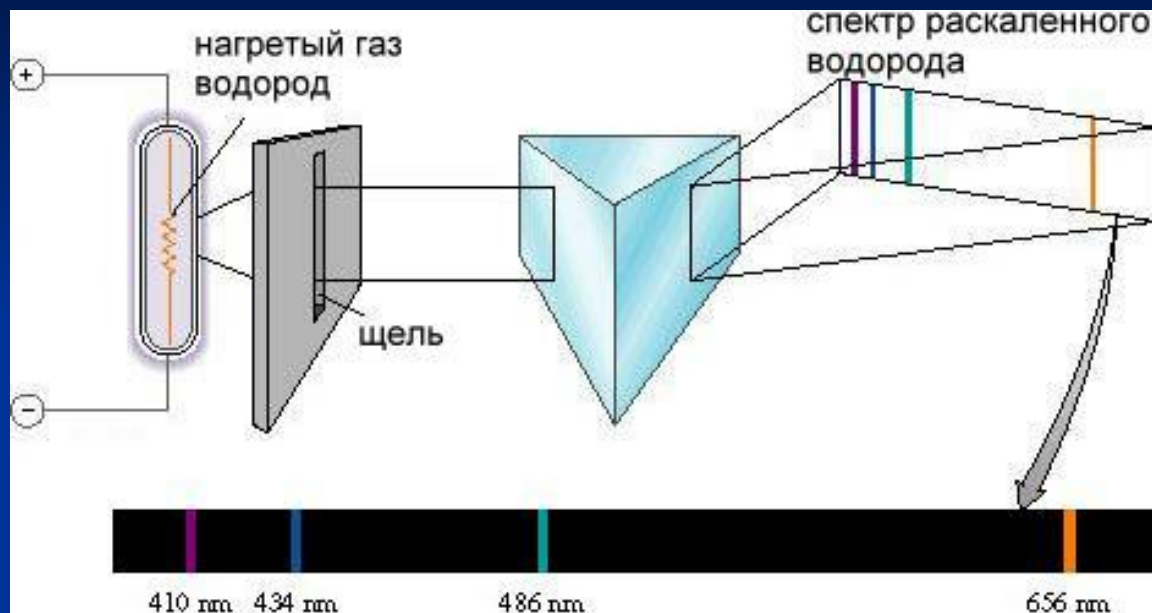
Видимый свет имеет определенную структуру, которая может быть получена разложением его в спектр с помощью призмы (Ньютон, 1672 г)



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

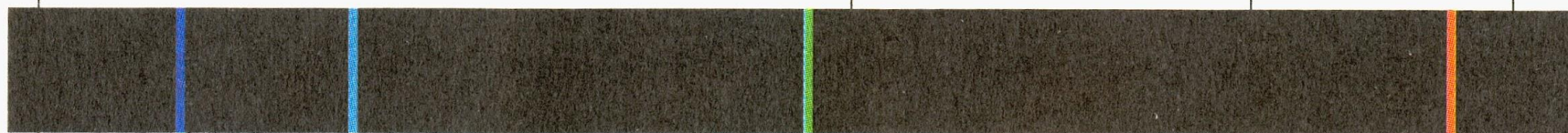


$4 \times 10^{-7}$  м

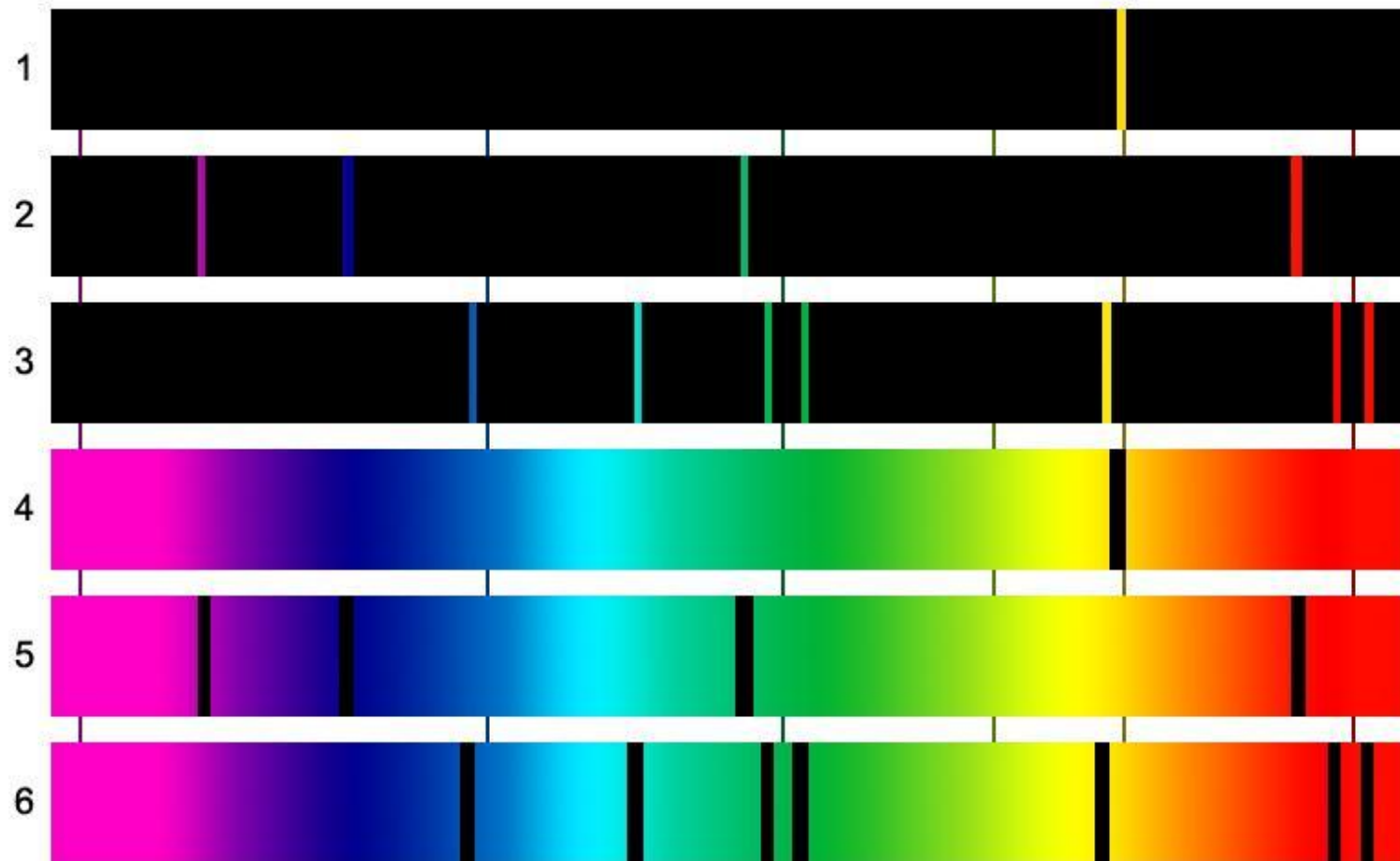
$5 \times 10^{-7}$  м

$6 \times 10^{-7}$  м

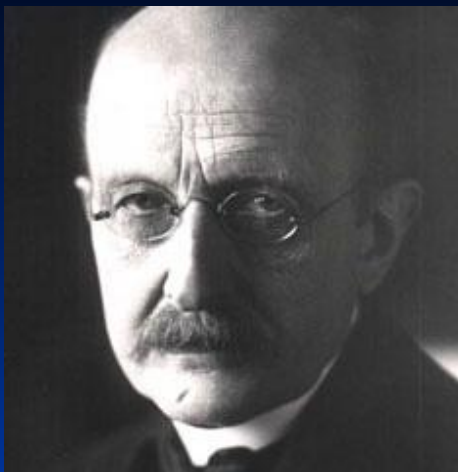
$7 \times 10^{-7}$  м



# Линейчатые спектры испускания и поглощения



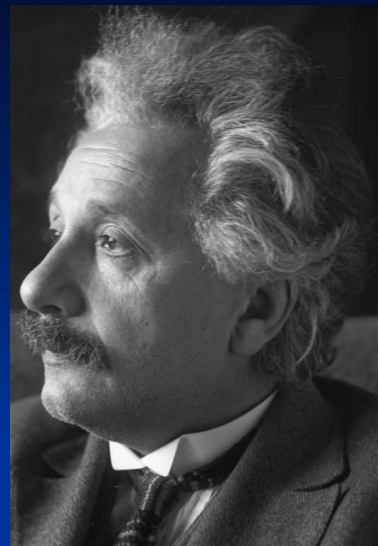
Спектры испускания: 1 - натрия; 2 - водорода; 3 - гелия.  
Спектры поглощения: 4 - натрия; 5 - водорода; 6 - гелия.



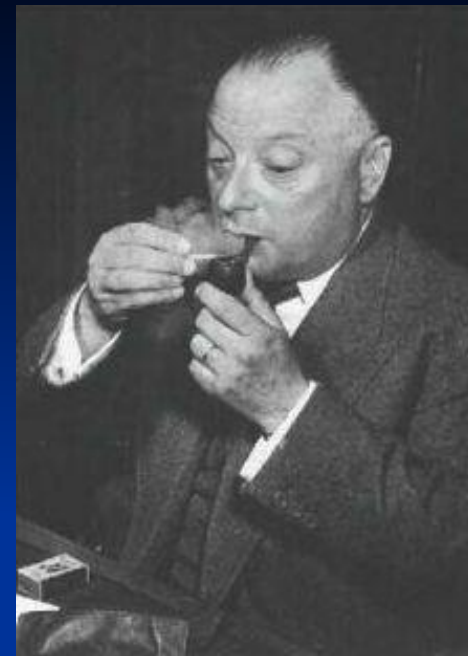
Макс Планк



Нильс Бор



Альберт  
Эйнштейн



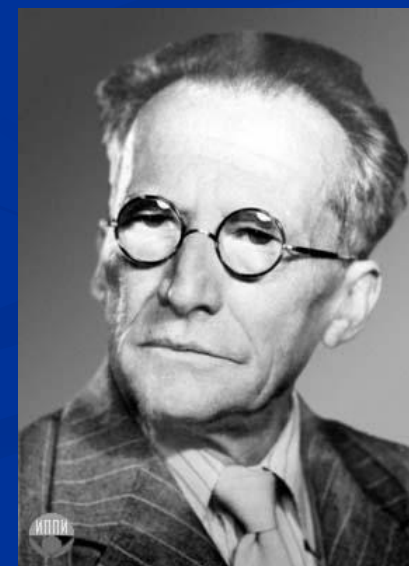
Вольфганг Паули



Вернер Гейзенберг

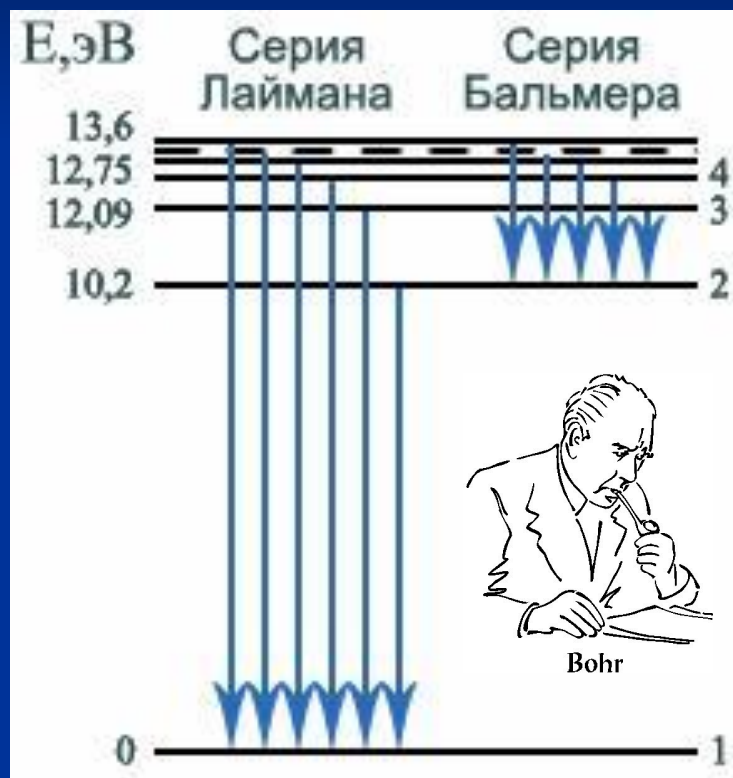
# Создатели Квантовой теории

Эрвин  
Шредингер

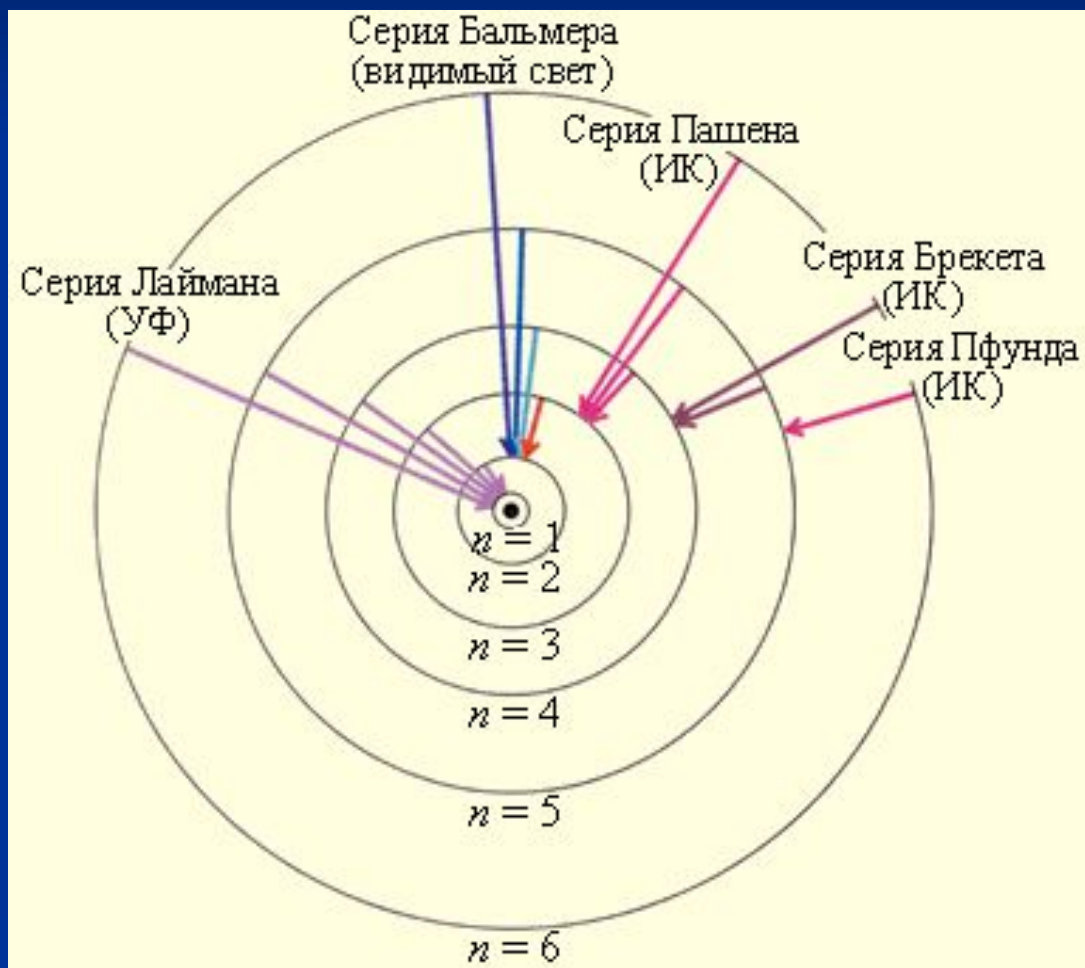




Предположив наличие устойчивых (стационарных) состояний электронов в атомах, Бор, фактически сформировал новое направление мышления при описании микромира – новую парадигму. Начала создаваться квантовая механика, правильно описавшая поведение атомов и излучение ими света.

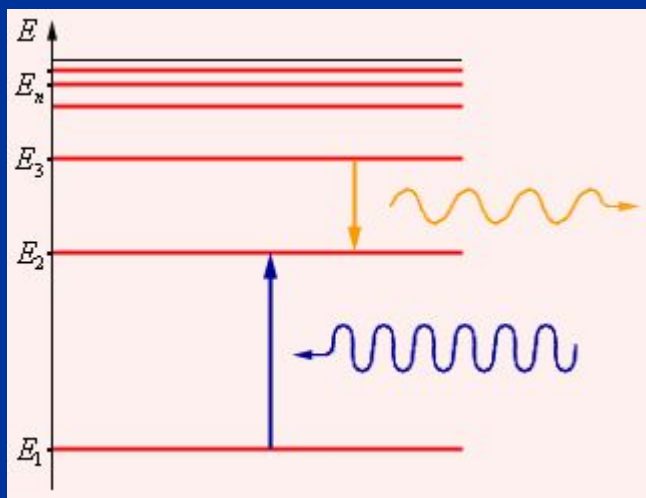


$$1 \text{ эВ} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1 \text{ В} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$



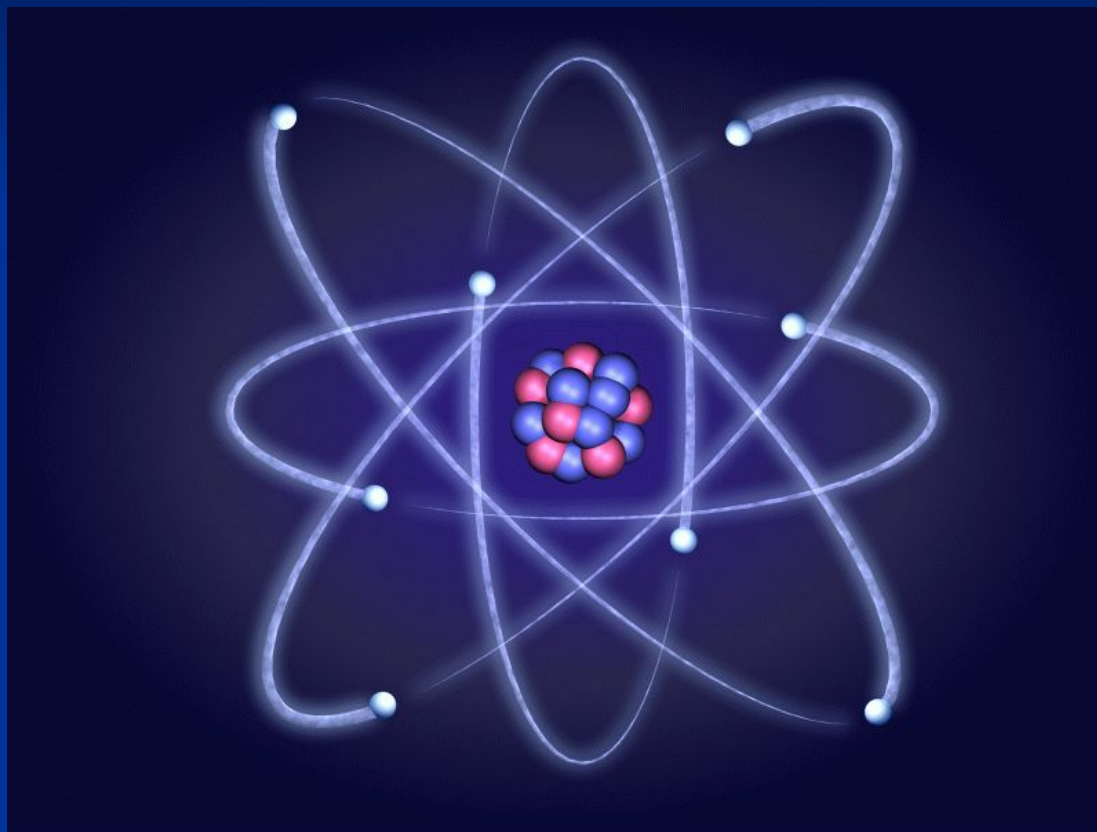
Электрон в атоме может находиться лишь в **определенных стационарных состояниях**, каждому из которых соответствует определенная энергия. В стационарных состояниях атом не излучает электромагнитные волны.

**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:



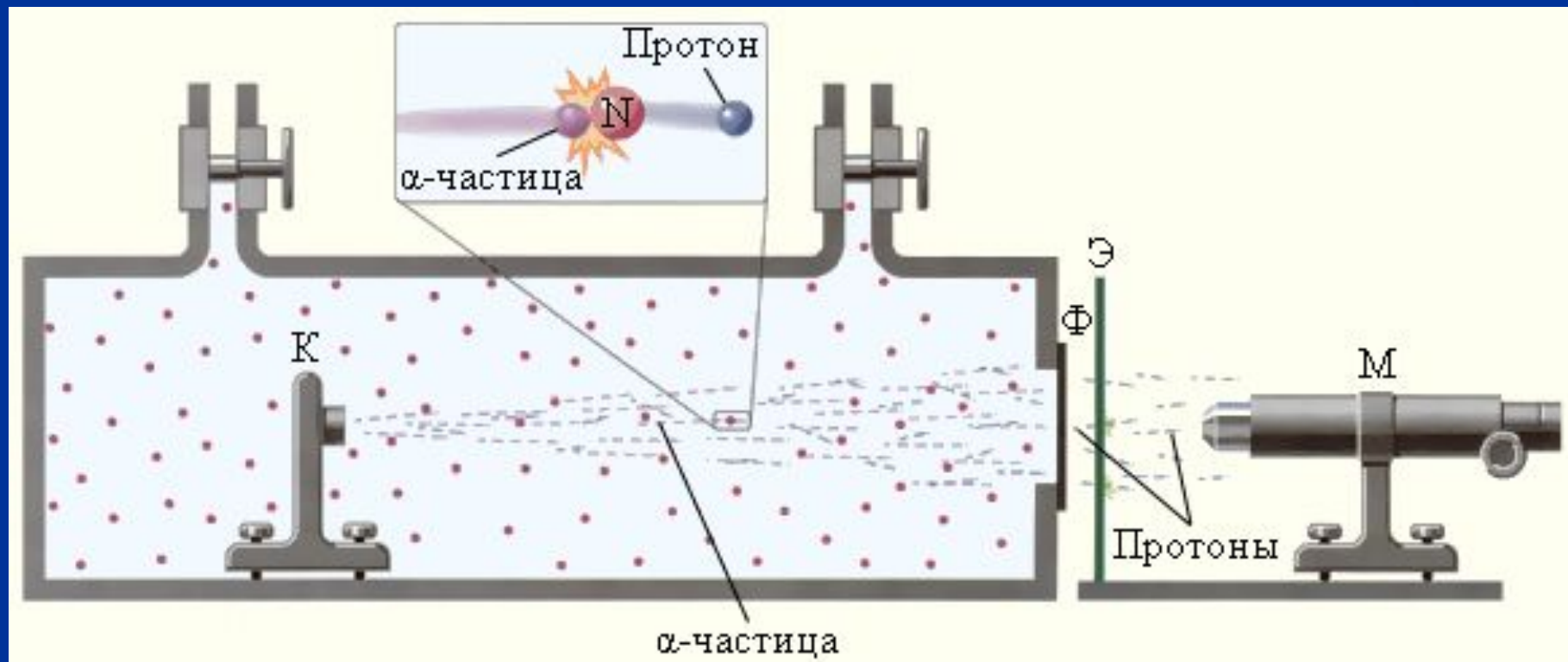
$$E_{\text{изл}} = |E_m - E_n|$$

Имеет ли атомное ядро внутреннюю структуру?



Радиоактивные элементы представляют собой источники высокоэнергетических тяжелых  $\alpha$ -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)

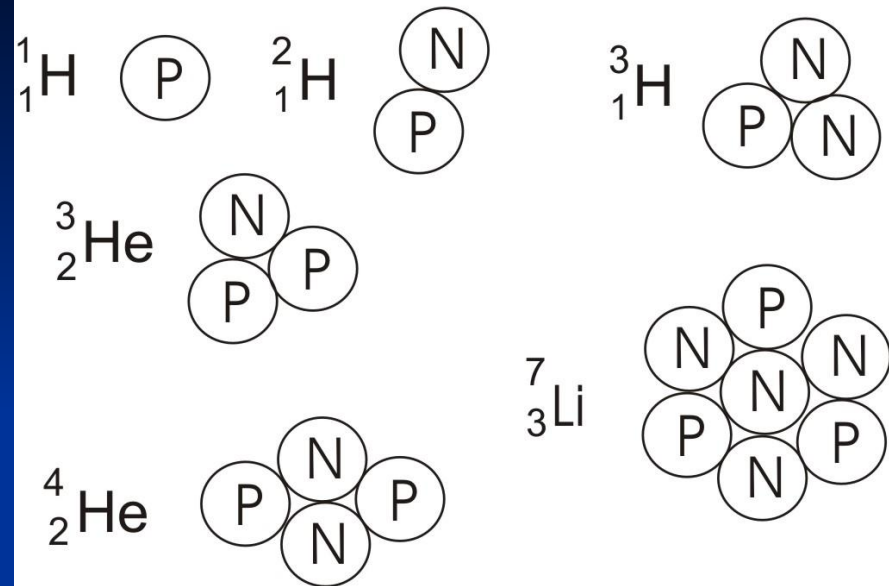


## Ядра обозначаются в соответствии с их строением

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.

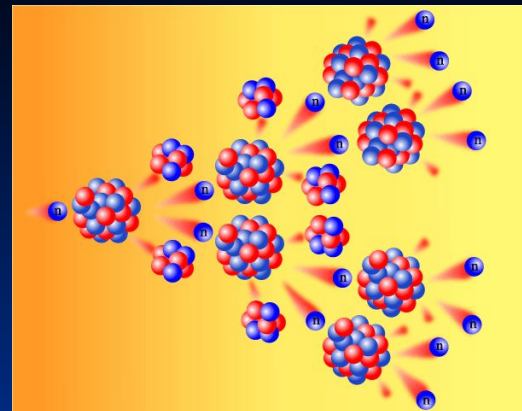
### Конструктор юного ядерщика



**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

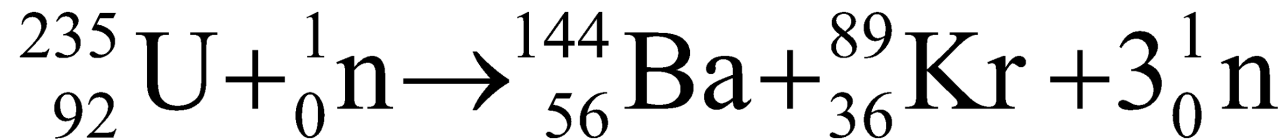
# Ядерные реакции



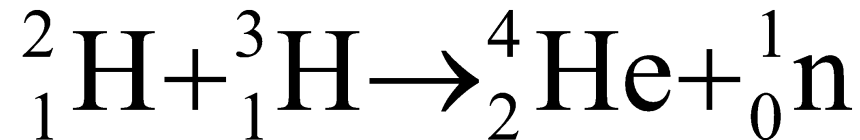
Ядерная реакция – превращение одних ядер в другие самопроизвольно или под действием других элементарных частиц. **Законы сохранения массы и заряда** приводят к тому, что суммарный заряд ( $Z$ ) и полное число тяжелых частиц ( $A$ ) в реакциях сохраняется. Кроме того выполняется **закон сохранения энергии**. 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)

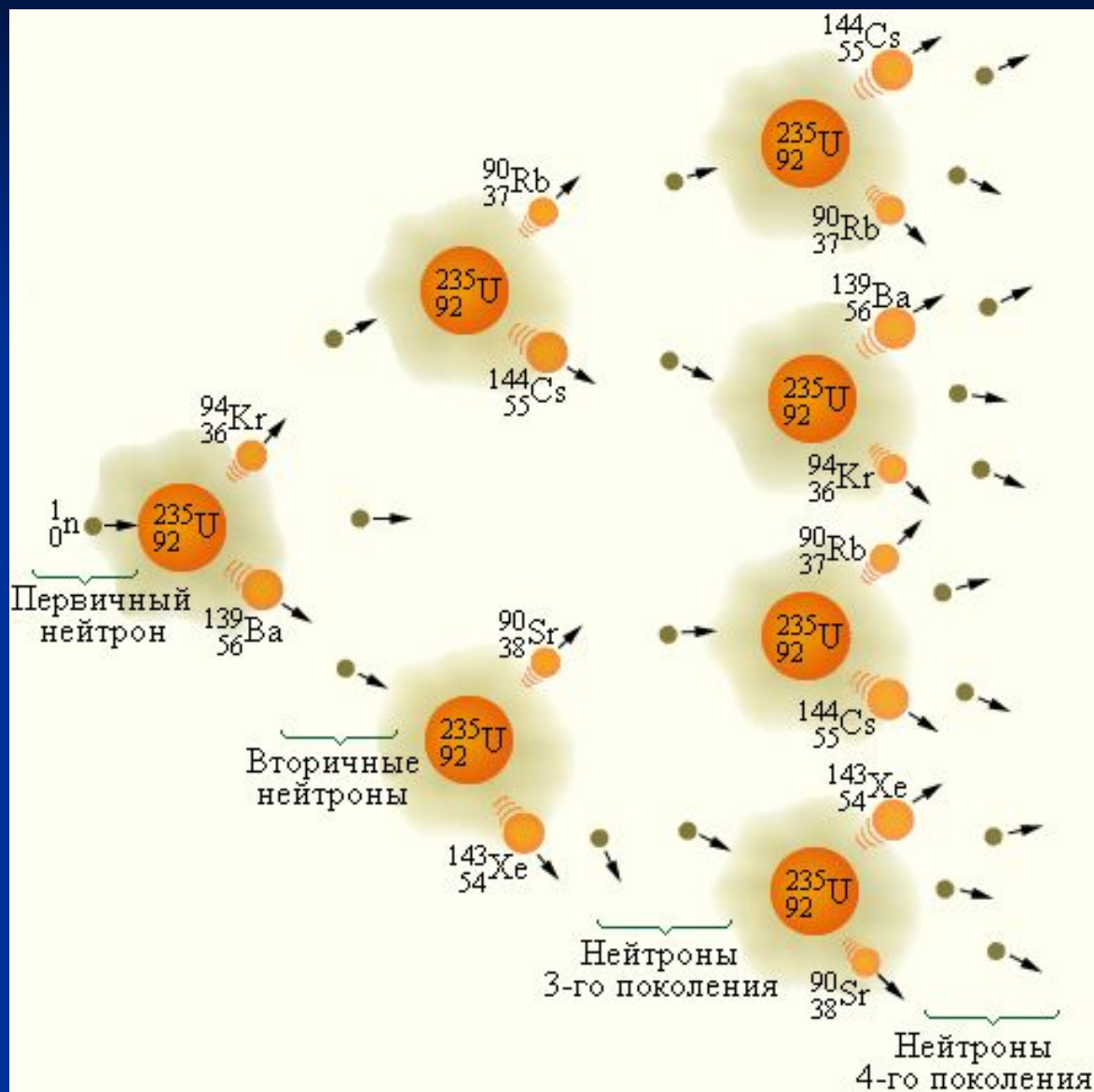
Реакция деления ядра урана



Реакция термоядерного синтеза

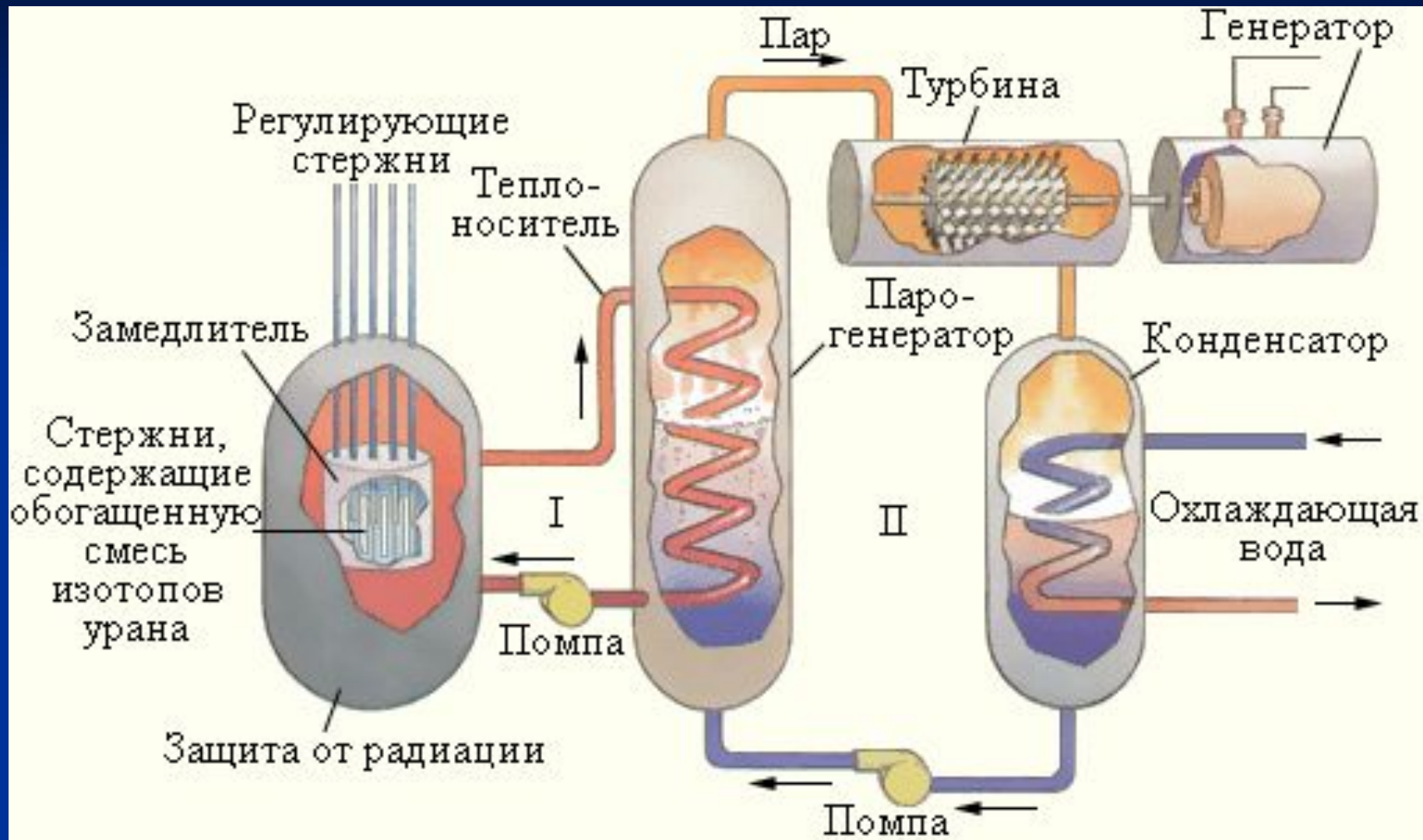


# Цепная реакция деления ядер урана



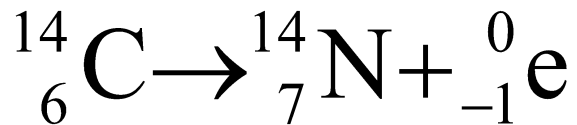


# Ядерный реактор



# 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  $T$ .



$$T = 5730 \text{ лет}$$



$$T = 4.5 \text{ млрд. лет}$$

# 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 лейкозом, 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.