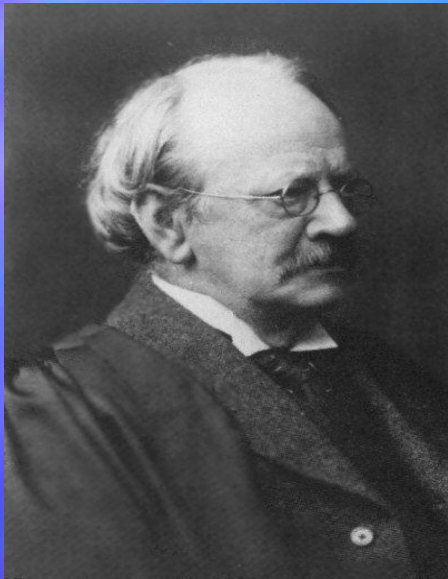


# ОСНОВЫ АТОМНОЙ ФИЗИКИ

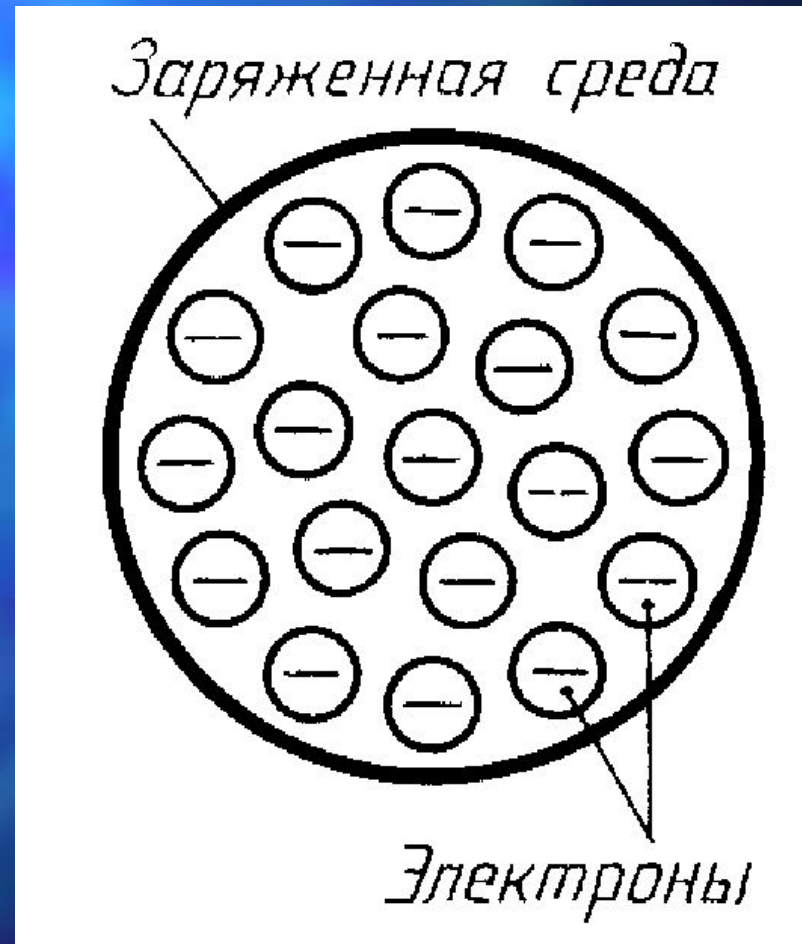


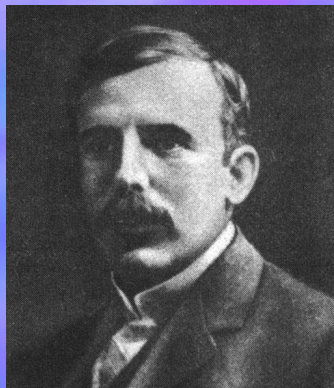
# Строение атома

## Модель Томсона



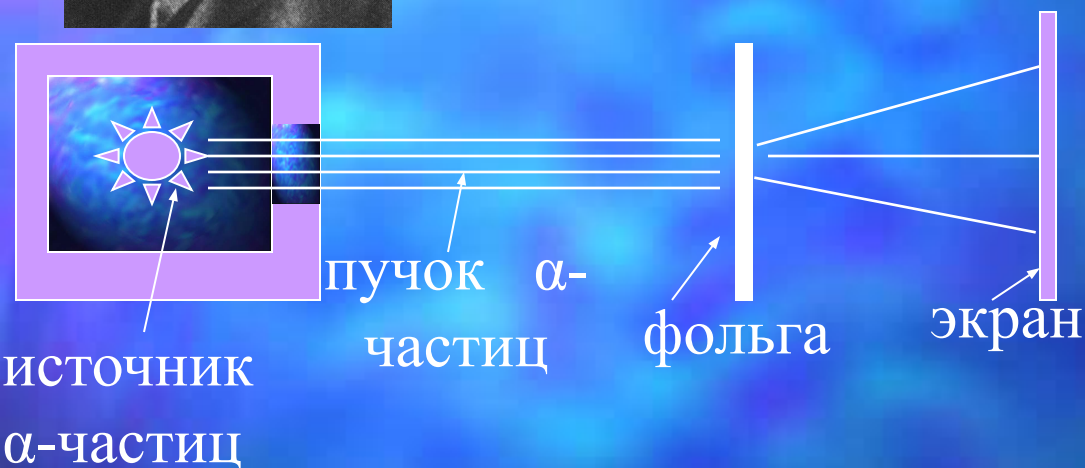
Английский физик Джозеф Джон Томсон  
18 декабря 1856 г. – 30 августа 1940 г.  
Нобелевская премия по физике, 1906 г.



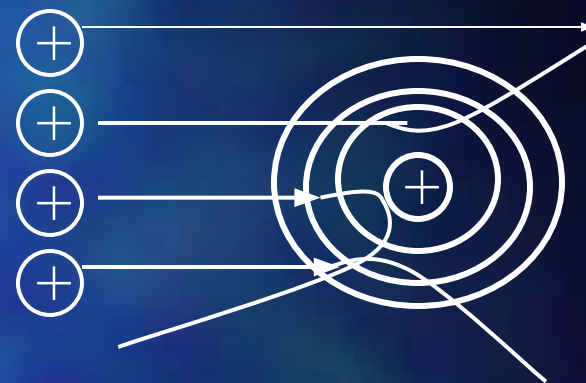


# Опыт Резерфорда

Английский физик Эрнест Резерфорд  
30 августа 1871 г. – 19 октября 1937 г.  
Нобелевская премия по химии, 1908 г.

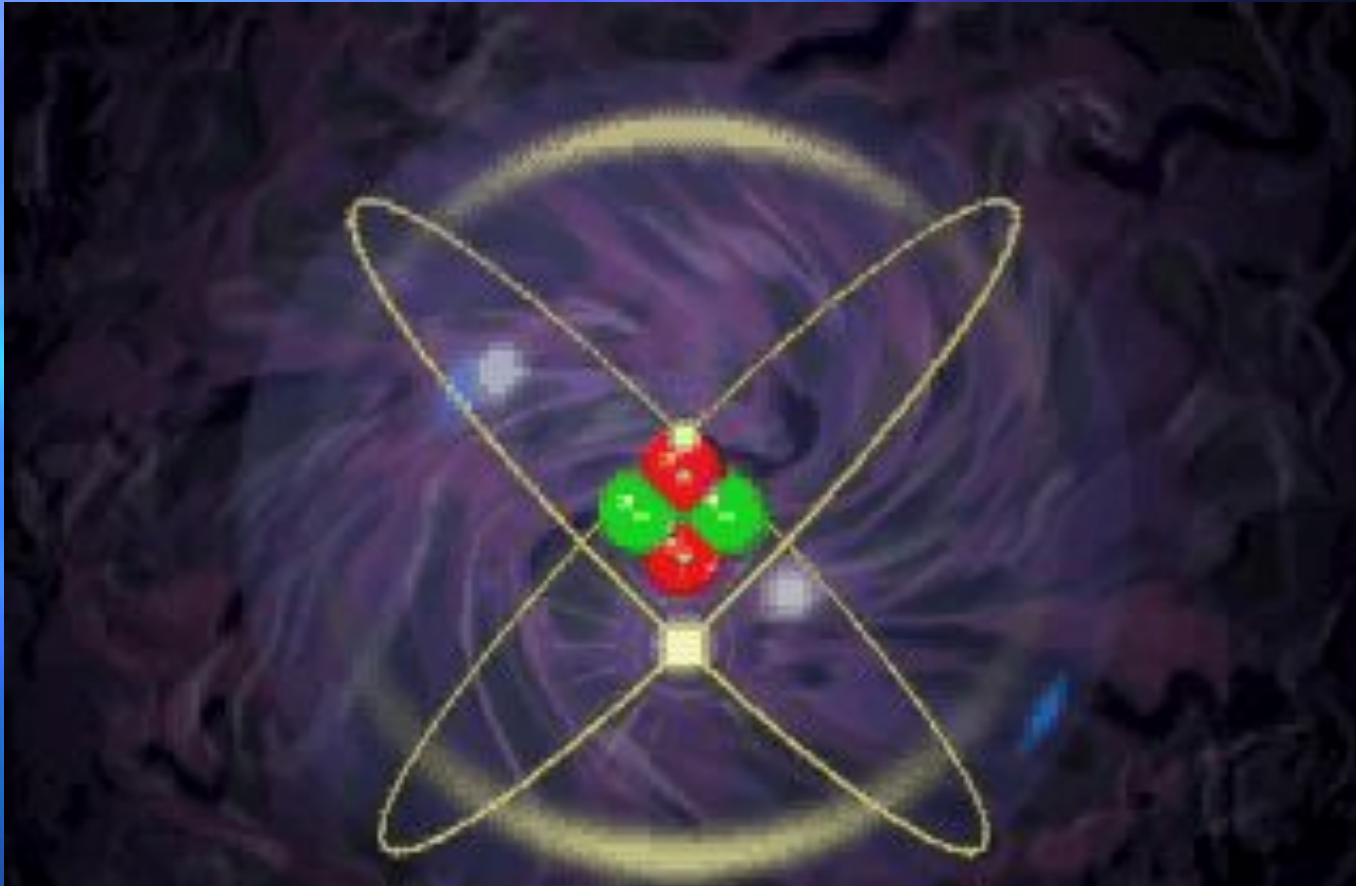


$\alpha$ -частицы



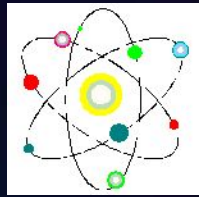
Опыты Резерфорда показали, что  $\alpha$ -частицы, прошедшие сквозь фольгу, т.е. через электронную оболочку атомов фольги, встречая на своем пути электроны, практически на них не рассеиваются, т.к. масса электрона значительно меньше массы  $\alpha$ -частицы, которые проходят вблизи ядра, испытывают резкое отклонение

# Планетарная модель атома



В центре атома находится положительное ядро, вокруг которого вращаются по определенным орбитам электроны. Основная масса атома сосредоточена в ядре. Атом электрически нейтрален – абсолютное значение суммарного отрицательного заряда, электронов равно положительному заряду ядра.

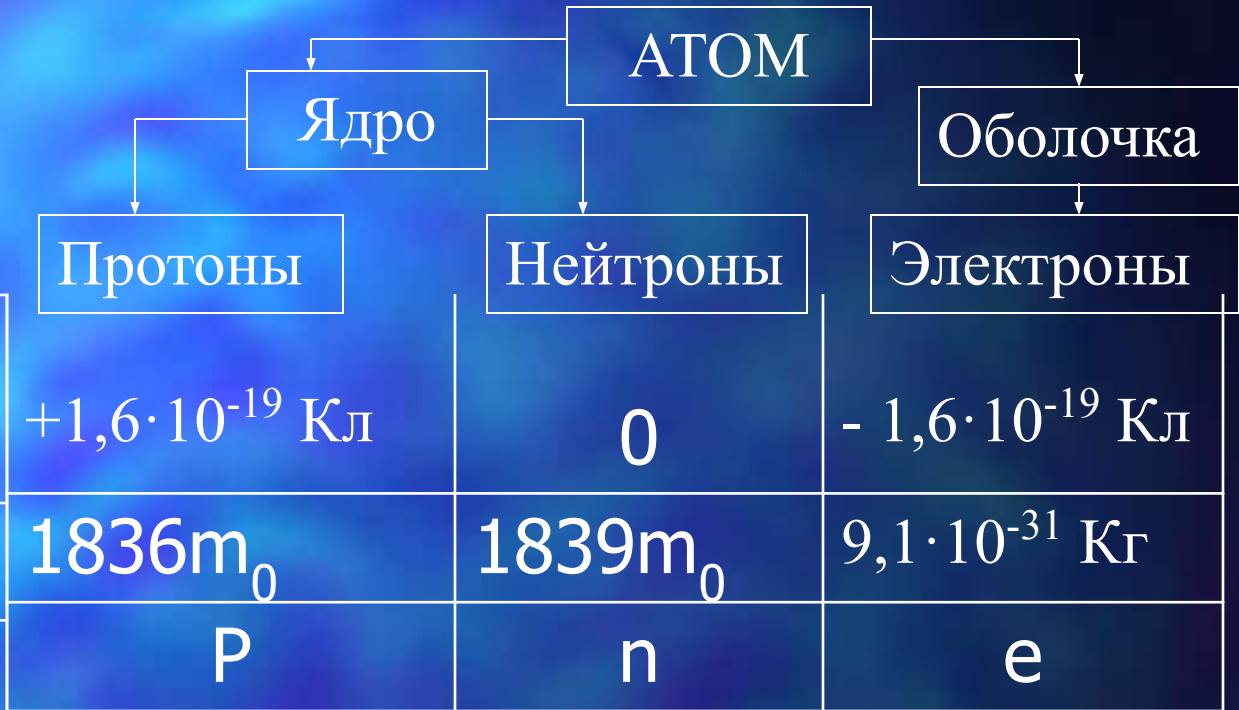
# Строение атома



Строение всех атомов основано на общих закономерностях

$$d_{\text{атома}} = 10^{-10} \text{ м}$$

$$d_{\text{ядра}} = 10^{-15} \text{ м}$$



За единицу заряда принят элементарный заряд, равный заряду электрона  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

За единицу массы принята атомная единица массы (а.е.м.), равная 1/12 массы углерода  $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

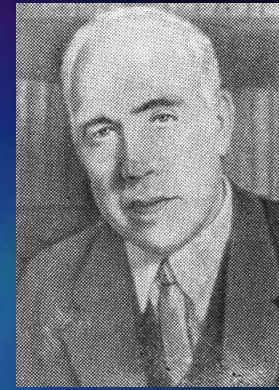
За единицу энергии принимается электрон-вольт (эВ)

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

# Постулаты Бора

## 1-й постулат (постулат стационарных орбит)

Атомная система может находиться только в особых стационарных или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия  $E_n$ ; в стационарных орбитах атом не излучает энергии.



Нильс Бор родился в 1885 г. в Дании. Он работал вместе с Резерфордом, создал первую квантовую теорию атома



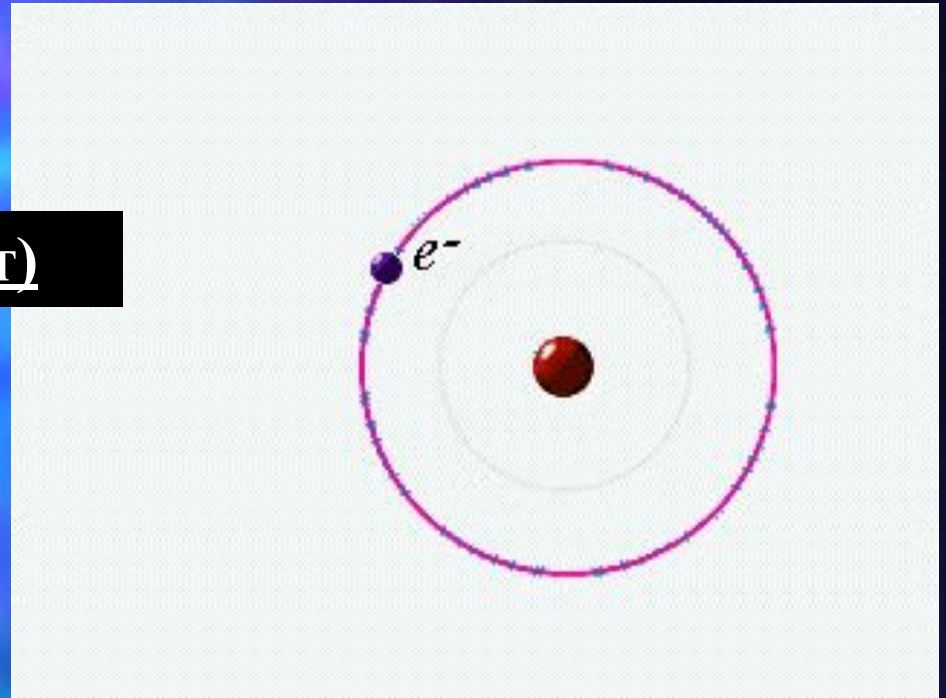
## 2-й постулат (правила частот)

При переходе атома из одного состояния в другое испускается или поглощается квант электромагнитной энергии

$$E_{kn} = h\nu_{kn} = E_k - E_n$$

$$E_k > E_n - \text{излучение}$$

$$E_k < E_n - \text{поглощение}$$



### 3-й постулат (правила квантовых орбит)

Возможен лишь дискретный ряд орбит, по которым электрон может двигаться в стационарном состоянии.

$$mvr = n\hbar$$

$m$  – масса электрона;

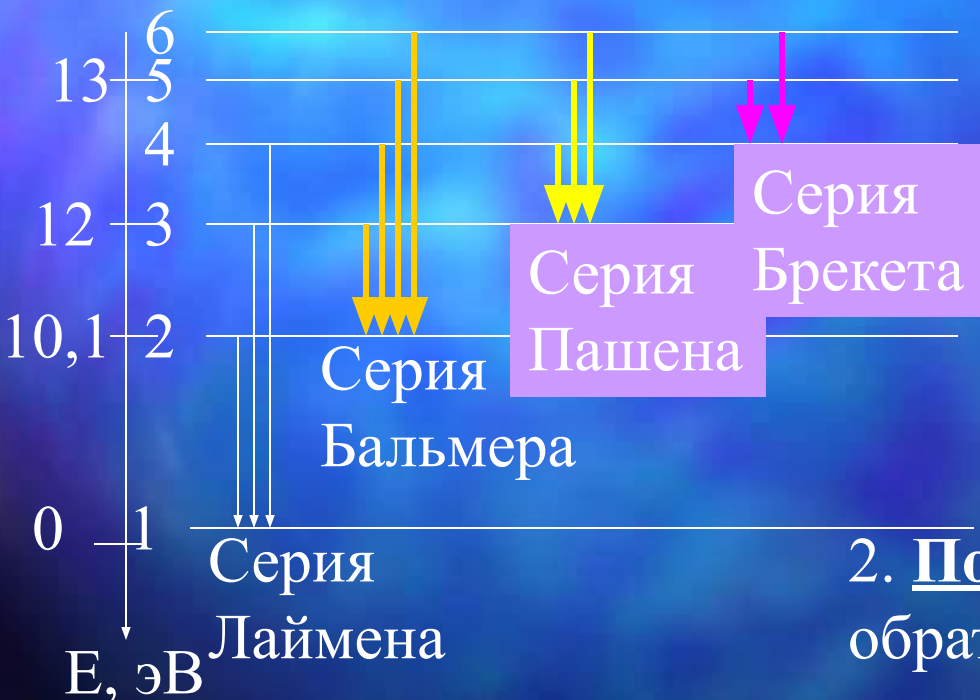
$v$  – скорость электрона;

$r$  – радиус  $n$ -ой орбиты



# Модель атома водорода по Бору

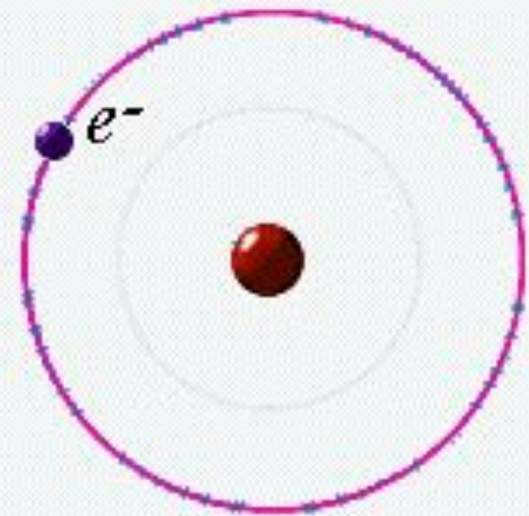
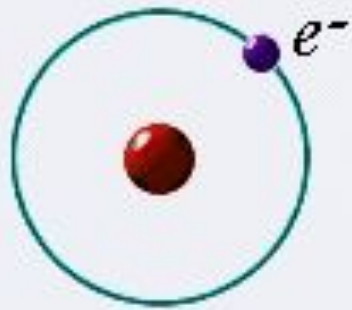
1. Излучение света происходит при переходе атома с высших энергетических уровней  $E_k$  на один из низших энергетических уровней  $E_n$ . Атом в этом случае излучает квант  $h\nu_{kn}$  энергии.

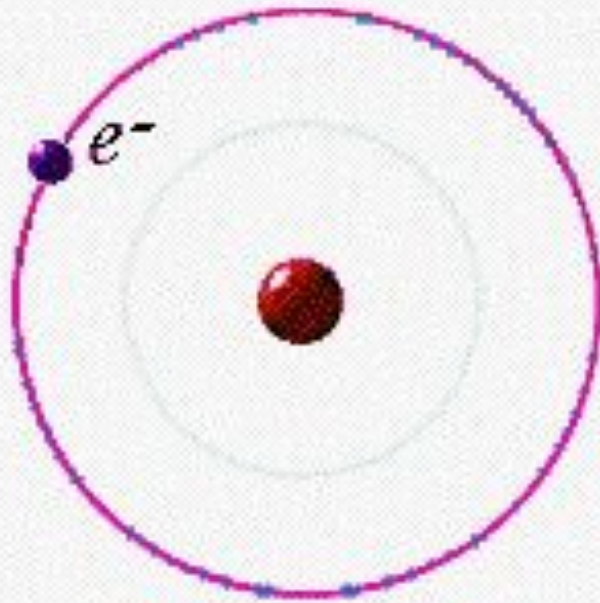


$$\nu = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

$R = 3,27 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$  –  
постоянная Ридберга

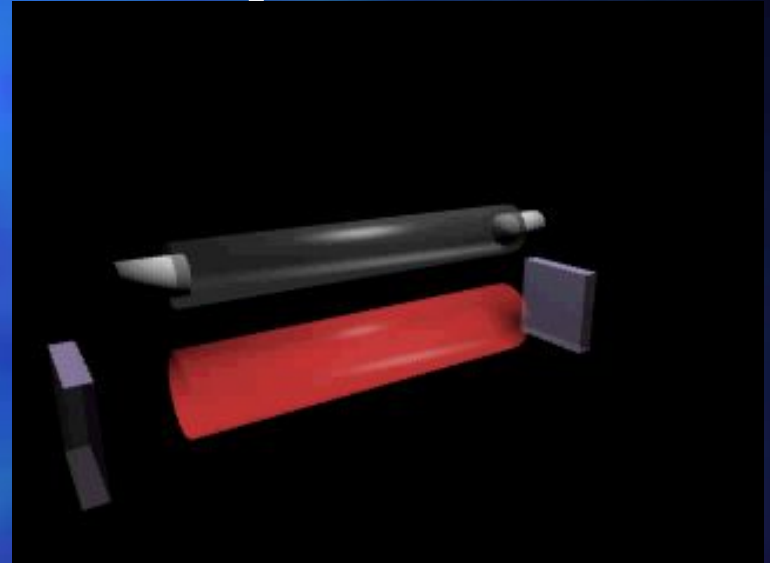
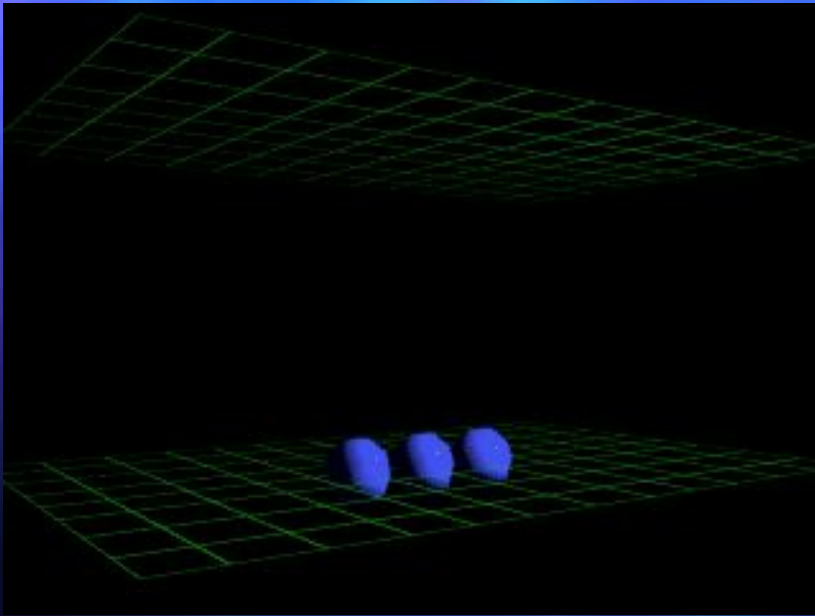
2. Поглощение света – процесс, обратный излучению. Атом поглощает квант электромагнитной энергии, переходит из низших энергетических состояний в высшие.



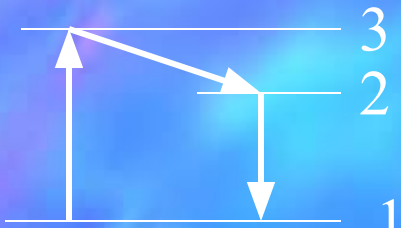


# Лазеры

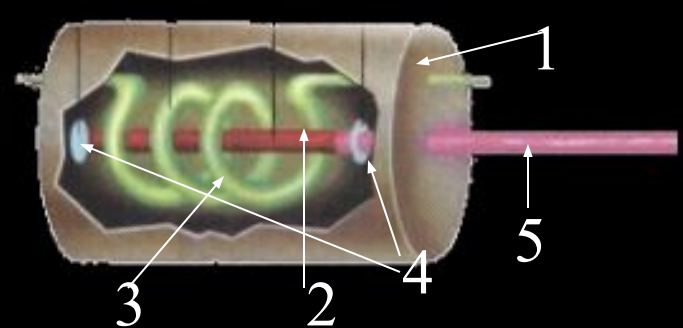
Лазер - это оптический квантовый генератор, создающий мощные, узконаправленные, когерентные пучки монохроматического света.



## Принцип действия лазера



При облучении рубина (кристалл оксида алюминия, в котором 0,05% атомов алюминия замещены ионами хрома), возбуждается и переходят из стационарного состояния 1 в возбужденное состояние 3, через очень малое время  $10^{-3}$  с переходит на уровень 2. Время пребывания в состоянии 2 в 100 000 раз больше, тем самым создается «перенаселенность» и число возбужденных атомов вещества становится больше числа невозбужденных. Переход из состояния 2 в состояние 1 под действием внешней электромагнитной волны сопровождается излучением.



1- корпус

2- рубиновый стержень

3- газоразрядная лампа

4- система зеркал

5- лазерный луч

**Лазер - источник оптического когерентного излучения, характеризующегося высокой направленностью и большой плотностью энергии. Существуют лазеры газовые, жидкостные и твердотельные, а также непрерывного и импульсного действия. Главный элемент лазера - активная среда, для образования которой используют воздействие света, электрический разряд в газах, химические реакции, бомбардировку электронным пучком и другие методы "накачки", результатом которой оказывается так называемая "инверсия населенностей" - состояние, когда число частиц среды на верхних энергетических уровнях (соответствующих большей энергии) оказывается больше, чем на нижних. В естественном состоянии вещества все обстоит наоборот. Проходящая через среду электромагнитная волна "провоцирует" переход частиц среды с верхних уровней на нижние, что сопровождается испусканием новых волн с теми же характеристиками, в результате чего интенсивность излучения может быть многократно усилен**

# Способы наблюдения элементарных частиц

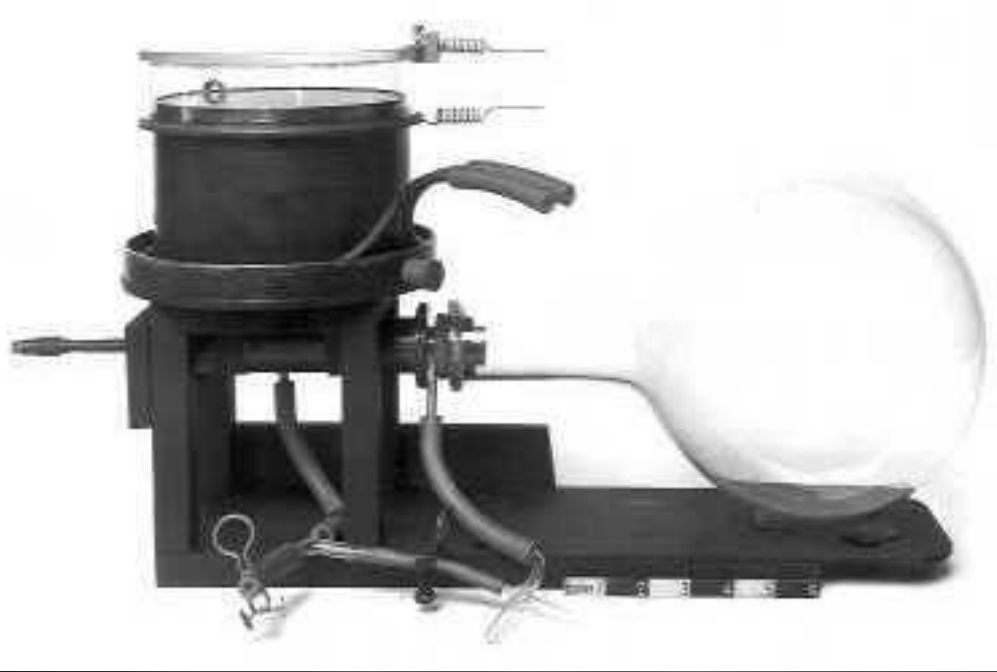
## 1. Счетчик Гейгера – Мюллера.



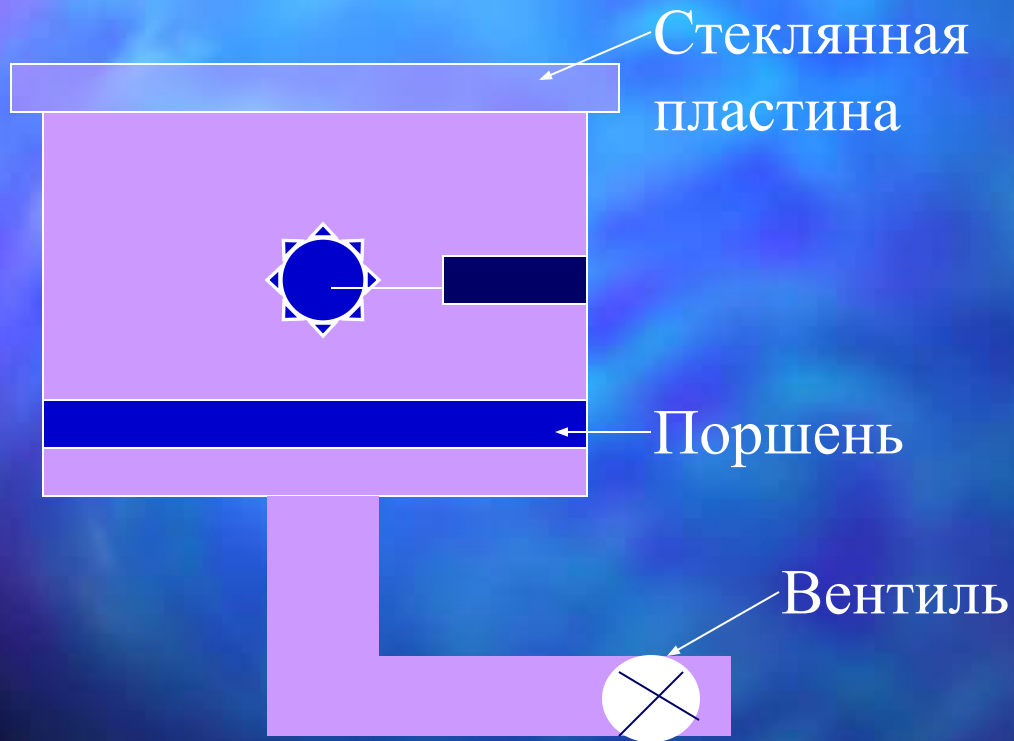
Счетчик состоит из закрытой трубки, по оси которой натянута, струна (А), а стенки покрыты тонким проводящим слоем (К). Трубка заполнена аргоном.

Между анодом и катодом образуется сильное электрическое поле. Частица, попадающая в трубку, пролетая в гае, ионизирует газ, вследствие чего возникает разрядный ток. Таким образом, частица вызывает импульс тока, который через усилитель попадает на регистрирующее устройство.

2. Камера Вильсона - цилиндр со стеклянными боковыми стенками и крышкой, в которой перемещается поршень. Камера заполнена парами воды и спирта.







При быстром выдвигании поршня воздух в камере охлаждается и пар становится перенасыщенным. Частицы, пролетая через камеру, ионизируют воздух. На образовавшихся ионах конденсируется пересыщенный пар. Капельки образуют видимый след пролетевшей – трек.

Пузырьковая камера создана Глейзером (1952 г.)-  
для регистрации частиц,  
имеющих высокую энергию.

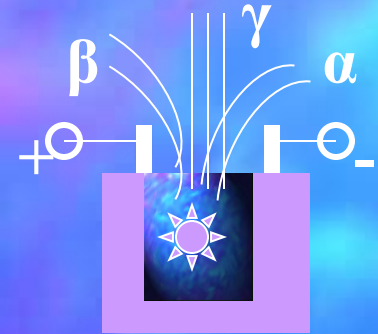
Принцип действия основан на том, что в перегретом состоянии чистая жидкость, находясь под высоким давлением, не закипает при температуре выше точки кипения. Если в камеру попадает заряженная частица, то она на своем пути образует цепочку ионов. В области пролета частицы жидкость закипает, вдоль ее траектории появляются пузырьки пара – треки.

Метод толстослойной фотоэмульсии. Разработан в 1928 г.  
Ждановым и Мысовским

Его сущность заключается в использовании специальных фотоэмульсий для регистрации заряженных частиц. Пролетевшая сквозь фотоэмульсию быстрая заряженная частица действует на зерна бромистого серебра и образует скрытое изображение. При проявлении фотопленки образуется трек. После исследования трека оценивается энергия и масса заряженной частицы.

# ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Радиоактивность – способность некоторых естественных и искусственных химических элементов самопроизвольно (спонтанно) излучать  $\alpha$ - , $\beta$ - , $\gamma$ - кванты, превращаясь в атомы другого химического элемента.



$\alpha$  - лучи – поток ядер атомов гелия ( ${}^4_2\text{He}$ ) – тяжелые положительно заряженные частицы с массой  $m=4$  а.е.м. и зарядом  $q=2e$  со скоростью около  $10^7$  м/с.

$\beta$ - лучи – поток быстрых электронов, обладающих скоростью от  $10^8$  м/с.

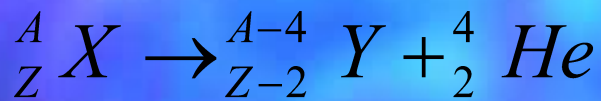
$\gamma$ - лучи – электромагнитные волны с длиной волны  $10^{-10}$  м –  $10^{-13}$  м.  $\gamma$ -лучи не отклоняются магнитным полем.

# Правило смещения

Превращение атомных ядер, которые сопровождаются испусканием  $\alpha$ - , $\beta$ - ,  $\gamma$ -лучей, называется  $\alpha$ - , $\beta$ - ,  $\gamma$ -распадом.

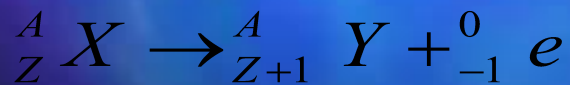
Распадающееся ядро называется материнским, ядро продукта распада – дочерним.

**$\alpha$  - распад.**



Ядро теряет положительный заряд  $2e$ , масса убывает на 4 а.е.м. В результате элемент смещается на две клеточки к началу периодической системы.

**$\beta$  - распад.**



Заряд ядра увеличивается на  $1e$ , масса остается неизменной, т.к. масса электрона пренебрежительно мала. В результате элемент смещается на одну клетку к концу периодической системы.

# Закон радиоактивного распада.

Периодом полураспада  $T$  называется время, в течении которого распадается половина способных к распаду ядер.

$$T \rightarrow \frac{N_0}{2}$$

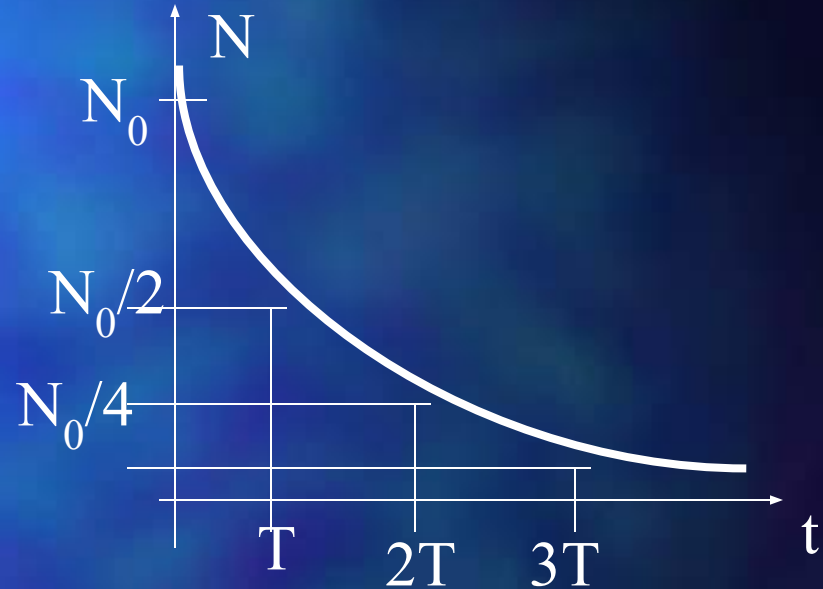
$$n = \frac{t}{T}$$

$$2T \rightarrow \frac{N_0}{4} \rightarrow \frac{N_0}{2^2}$$

$$3T \rightarrow \frac{N_0}{2^3}$$

$$N = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}}$$

$$t = nT \rightarrow \frac{N_0}{2^n}$$



$N_0$  - число ядер в начальный момент времени

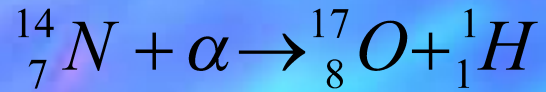
$N$  - число ядер, не распавшихся по прошествии времени  $t$ .

# Изотопы.



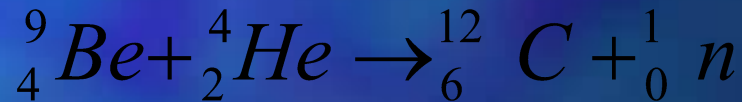
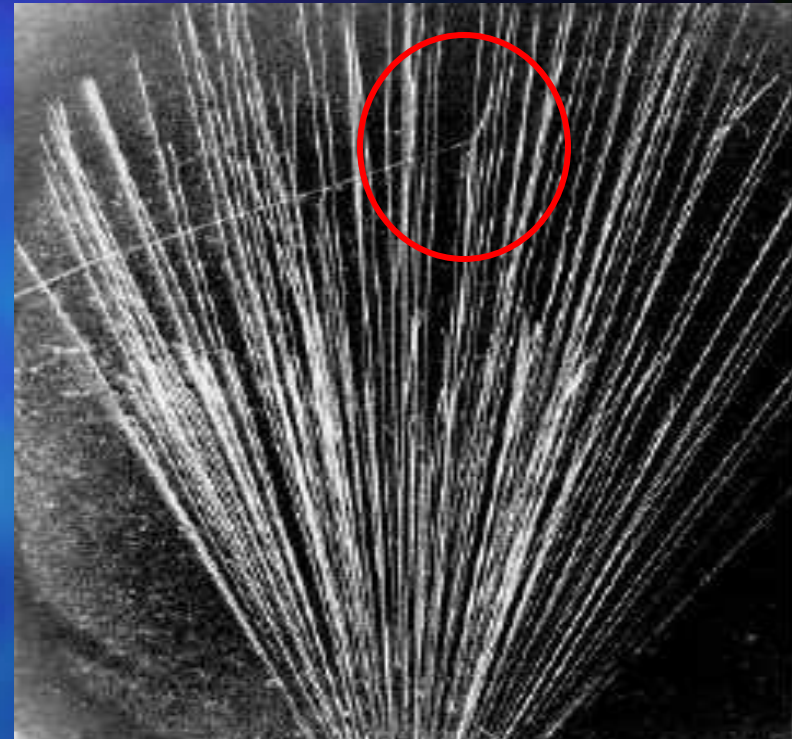
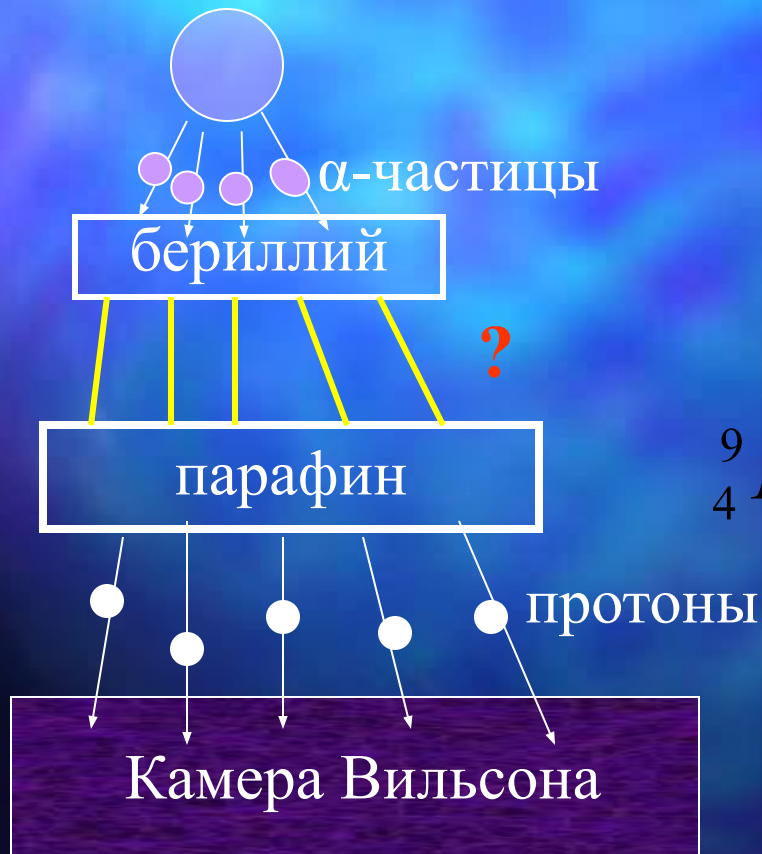
Ядра с одинаковым числом протонов, но с разным числом нейтронов называются изотопами одного химического элемента.

# Искусственное превращение атомных ядер.



## Открытие нейтрона.

В 1932 г. Чедвиг (англ.)

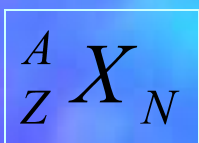


Нейтрон нестабильная частица: свободный нейтрон за время около 15 мин распадается на протон, электрон и нейтрино – частицу, лишенную массы покоя.

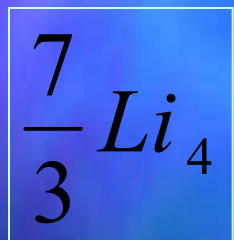


# Общая характеристика атомного ядра.

Атомное ядро любого химического элемента состоит из положительно заряженных протонов и не имеющих электрического заряда нейтронов. Протон и нейтрон является двумя зарядовыми состояниями ядерной частицы, называемой нуклоном.



X- символ данного химического элемента  
Z-число протонов в ядре, равное числу электронов на орбите, что соответствует атомному номеру элемента в таблице Менделеева.



$$A=Z+N$$

N- число нейтронов в ядре  
A- массовое число - общее число протонов и нейтронов в ядре, равное округленной до целого числа относительной атомной массе.

# Ядерные силы

Силы, действующие между протонами и нейтронами в ядре и обеспечивающие существование устойчивых ядер, называются ядерными.

## Свойства:

- являются силами притяжения
- являются силами короткодействующими, проявляются на малых расстояниях между нуклонами ( $r=2 \cdot 10^{-16}$  м);
- обладают свойствами зарядовой независимости: эти силы, действующие между двумя протонами, между двумя нейтронами или между протоном и нейтроном, одинаковы.

## Энергия связи атомных ядер.

Под энергией связи понимается энергия, необходимая для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны (т.е. протоны и нейтроны).

Мерой энергии связи атомного ядра является дефект масс – разность между суммарной массой всех нуклонов ядра в свободном состоянии и массой ядра  $M_{я}$ .

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{я}$$

Z- число протонов      N-  
число нейтронов

дефект масс

$$E = \Delta M \cdot c^2$$

Энергия связи

$m_p \approx 1,00783 \text{ а.е.м}$  – масса протона

$m_n \approx 1,00866 \text{ а.е.м}$  – масса нейтрона

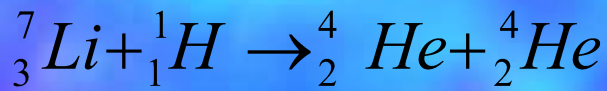
$M_{я} \approx 1,00783 \text{ а.е.м}$  – масса ядра  
водорода

$$1 \text{ а.е.э.} = 1 \text{ а.е.м.} \cdot c^2 = 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16} = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 931 \text{ МэВ}$$

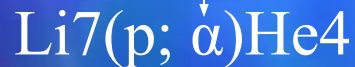
# Ядерные реакции.

Ядерные реакции – изменение атомных ядер при взаимодействии их с элементарными частицами или друг с другом.

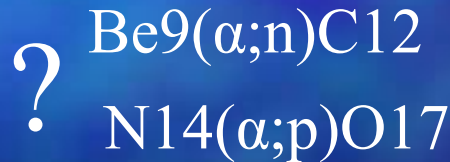
Ядерные реакции происходят, когда частица вплотную приближается ядру и попадает в сферу действия ядерных сил.



*Краткая  
запись*



- первая ядерная реакция на быстрых нейтронах в 1932 г. удалось расщепить литий на 2  $\alpha$ -частицы.

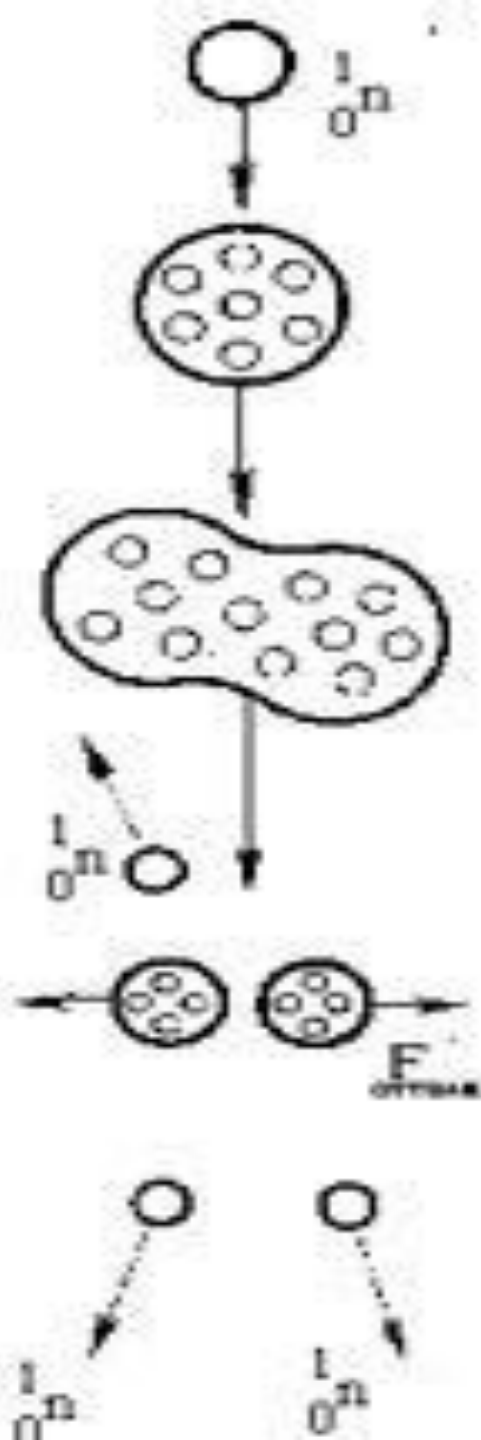


## Деление ядер урана.

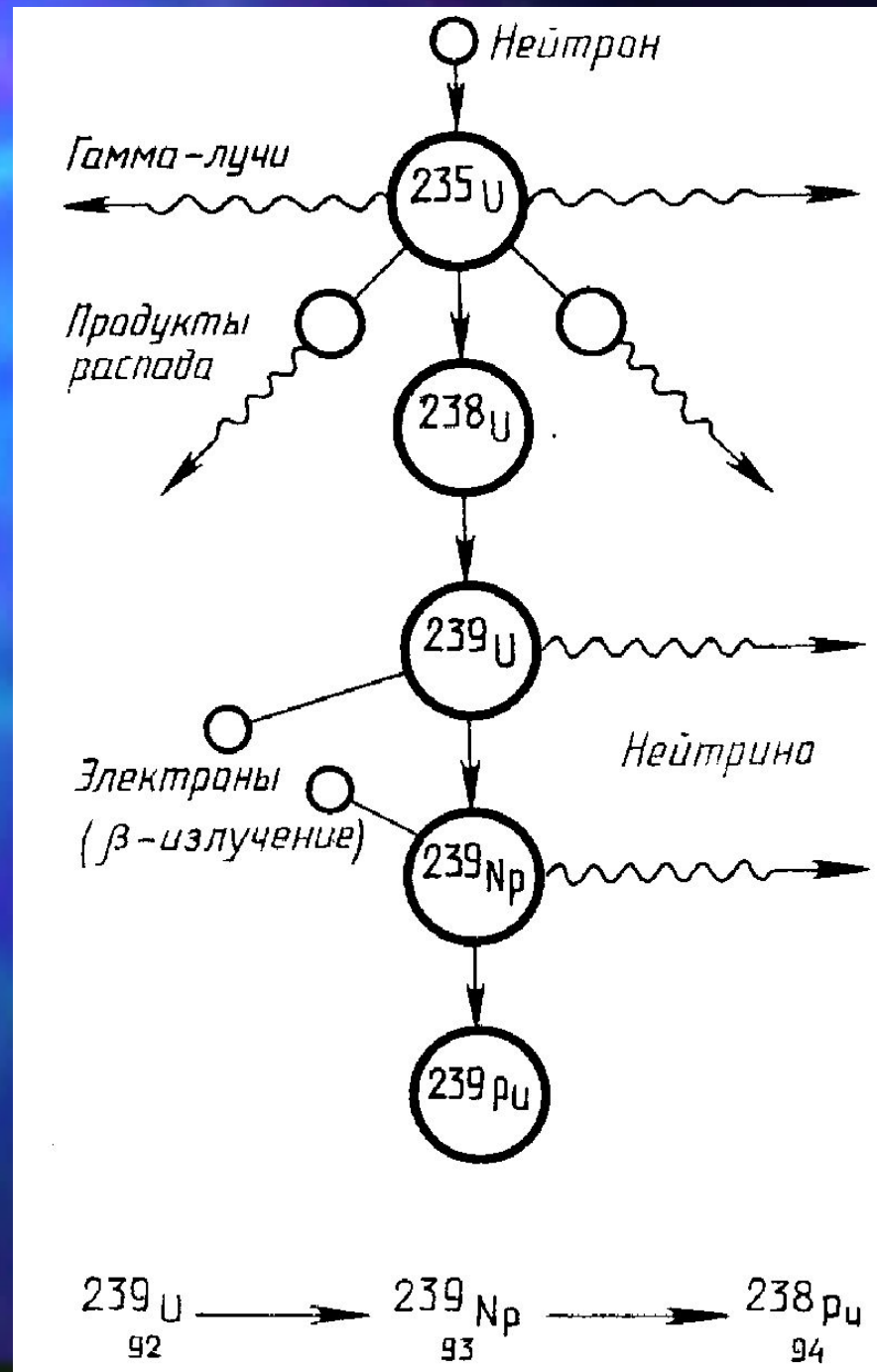
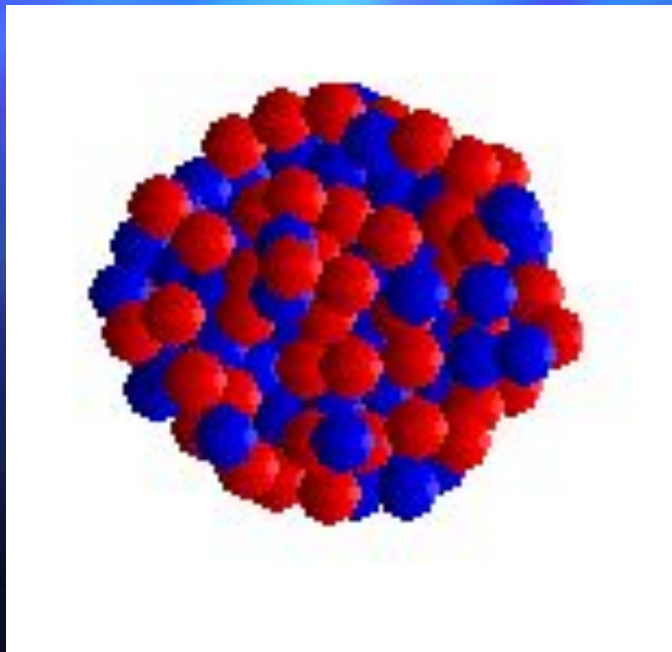
1938 г. немецкие ученые Штрассман и Ган установили, что при бомбардировке урана нейтронами возникают элементы средней части периодической системы: барий, криптон и др.

Деление ядер возможно благодаря тому, что масса покоя тяжелого ядра больше суммы масс покоя осколков, возникающих при делении.

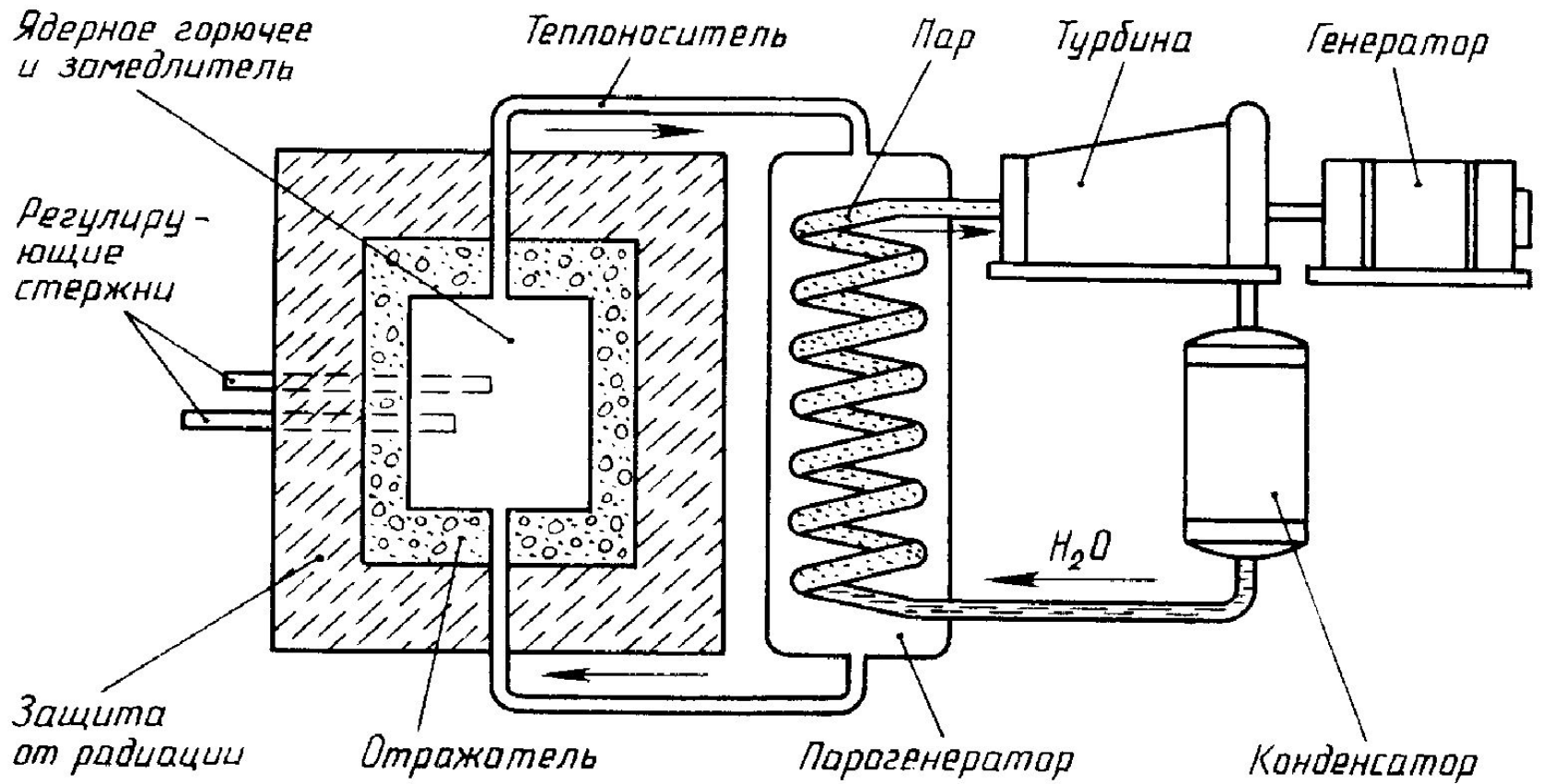
# Механизм деления ядра.



# Производство плутония

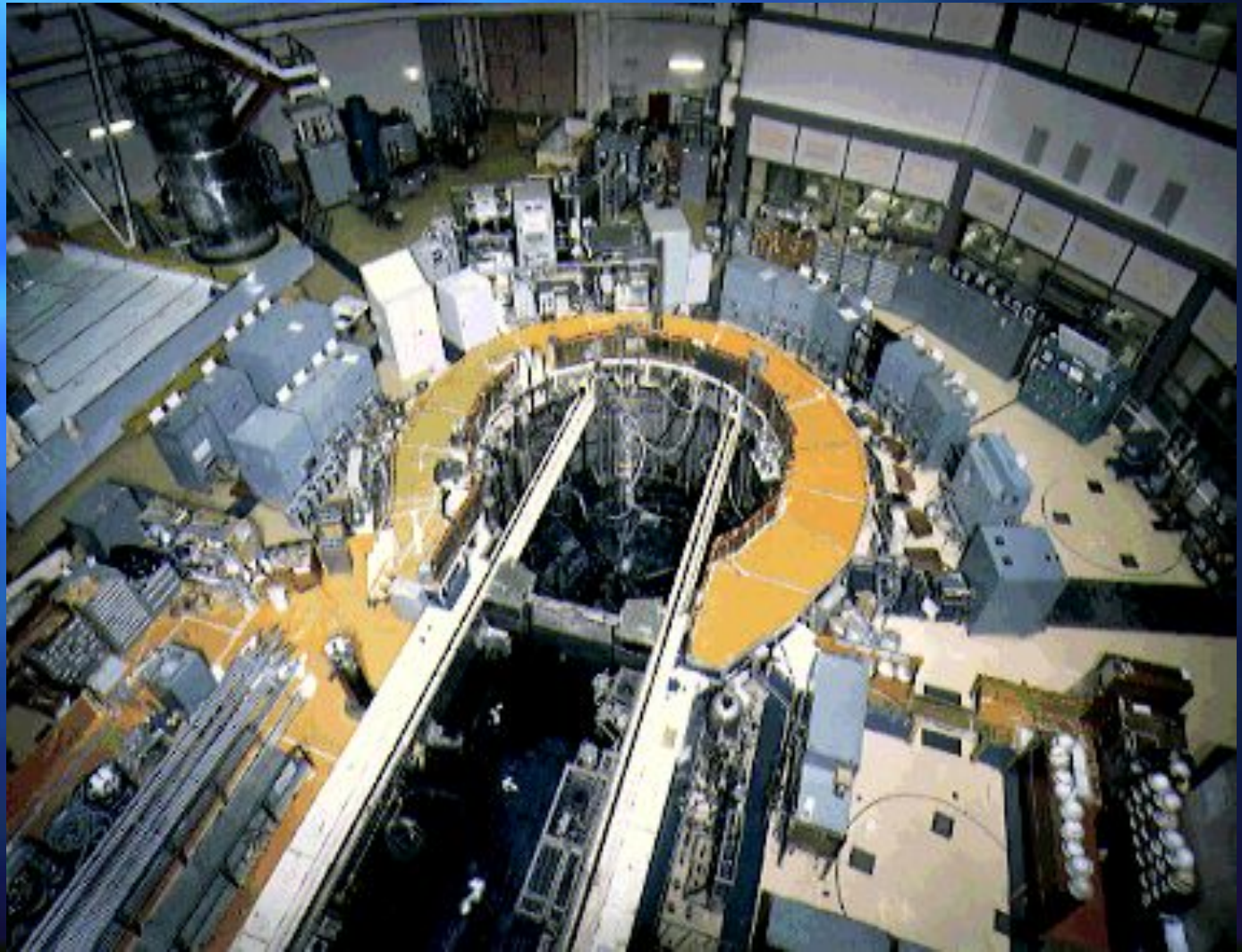


# Реактор





# Реактор



# Типы реакторов

1. Исследовательские.
2. Энергетические.
3. Воспроизводящие (реакторы на быстрых нейтронах).
4. Транспортные.
5. Реакторы для промышленного получения изотопов различных химических элементов.



# Биологическое действие радиоактивных излучений.

Поглощенной дозой излучения  $D$  называют величину, равную отношению энергии ионизирующего излучения, поглощенной облучаемым веществом, к массе этого вещества:  $D = \frac{W}{m}$ , [Гр=Дж/кг]

| Доза $\gamma$ -излучения | Эффект  | Последствия   |
|--------------------------|---|---|
| 0 - 0,25                 | Не наблюдается                                    | Не наблюдается  |
| 0,25 - 1                 | Незначительное изменение в крови, слабая тошнота. | Незначительное повреждение костного мозга, лимфатических узлов. |
| 1 - 3                    | Изменение крови, рвота, плохое общее самочувствие | Возможно полное выздоровление.                                  |
| 3 - 6                    | Все эффекты указанные выше                        | При лечении переливание крови, пересадка костного мозга         |
| 6 - 10                   |   | Смерть  |

# Строение атома

