

Основы атомной физики

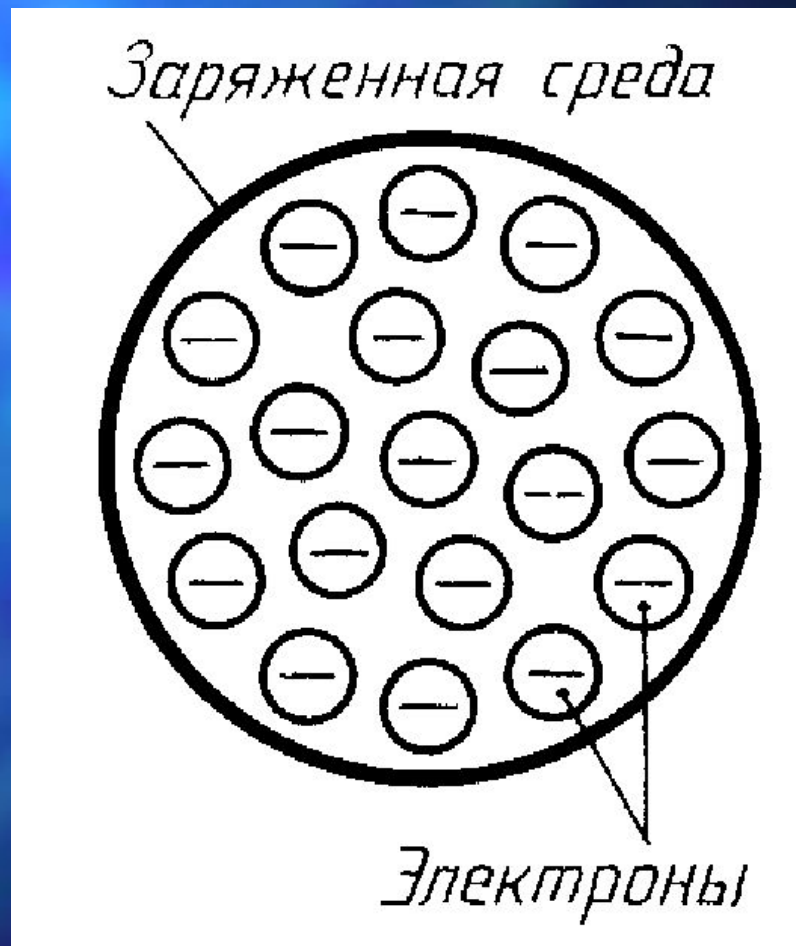


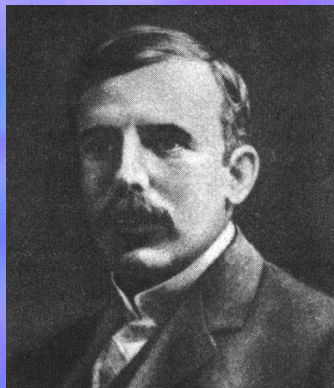
Строение атома

Модель Томсона



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



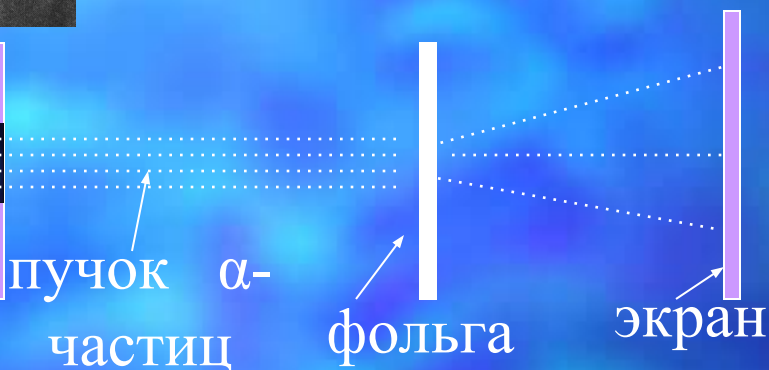


Опыт Резерфорда

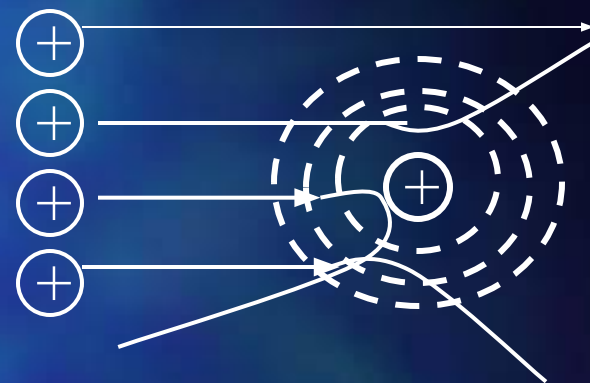
Английский физик Эрнест Резерфорд
30 августа 1871 г. – 19 октября 1937 г.
Нобелевская премия по химии, 1908 г.



источник
 α -частиц

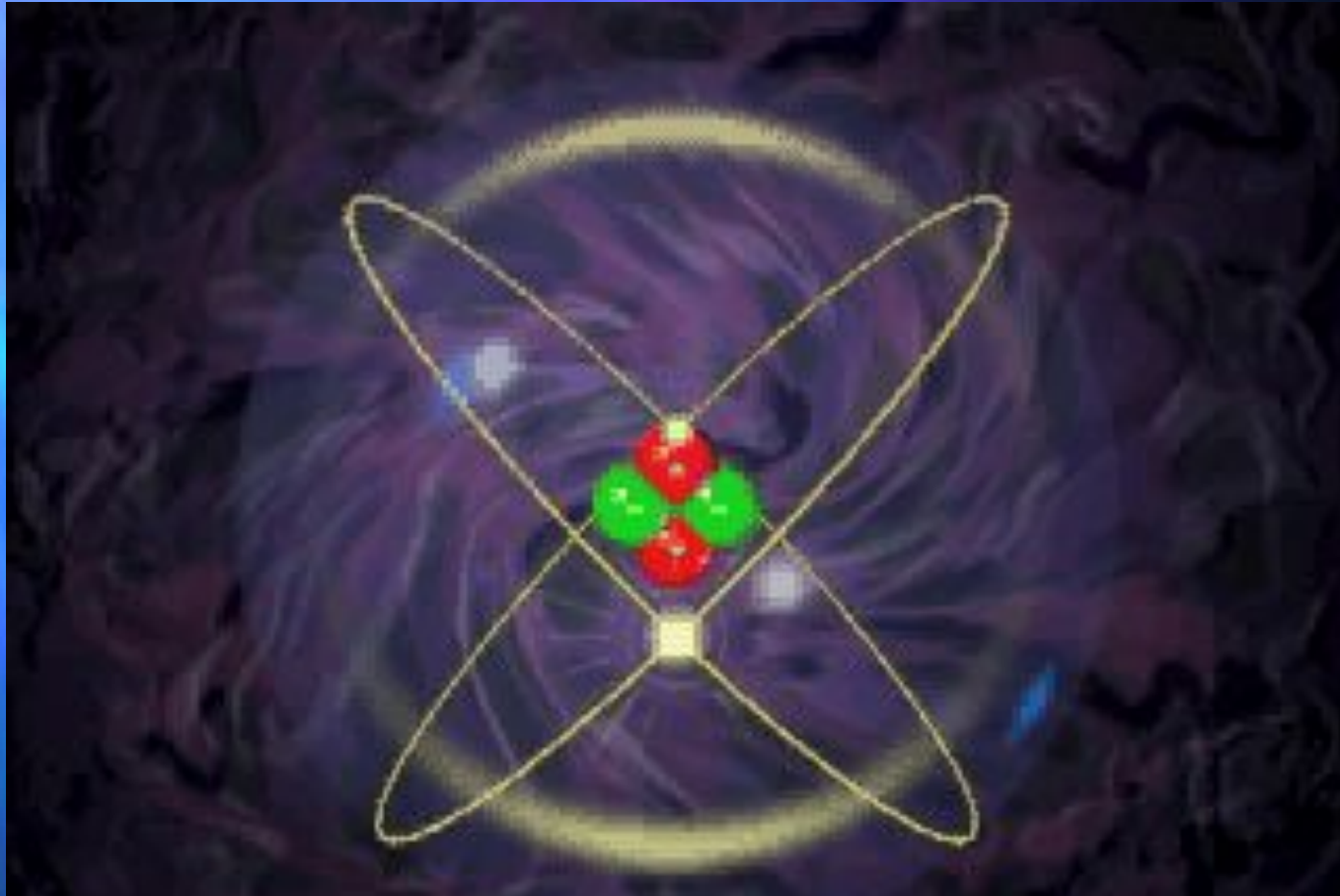


α -частицы



Опыты Резерфорда показали, что α -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 α -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 $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

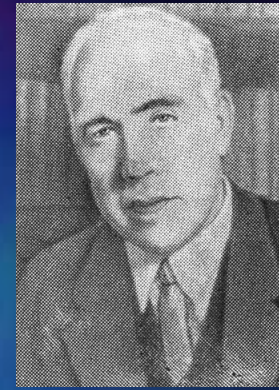
За единицу энергии принимается электрон-вольт (эВ)

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

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



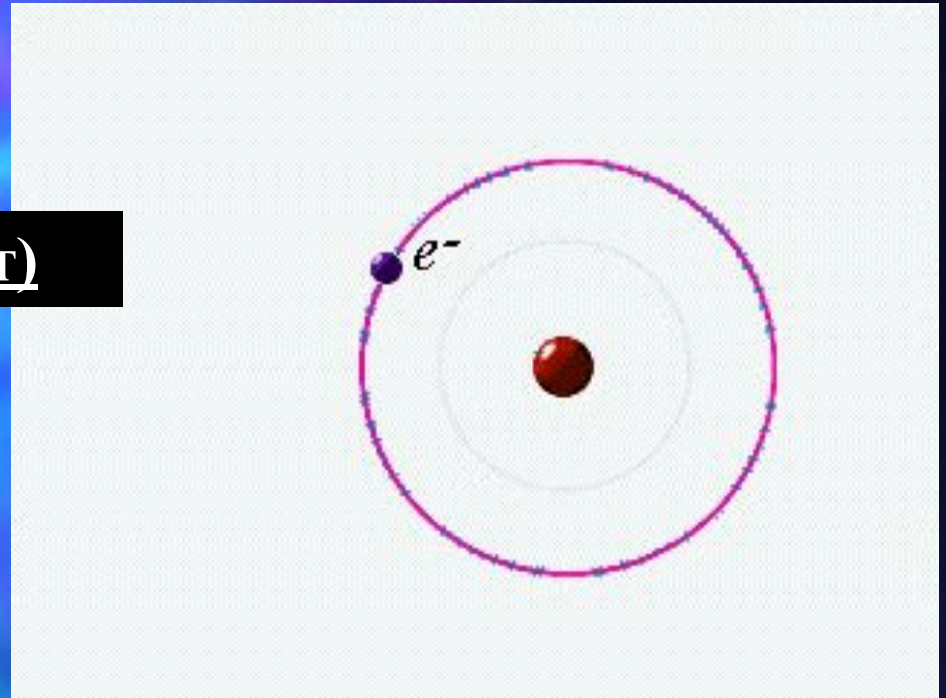
2-й постулат (правила частот)

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)

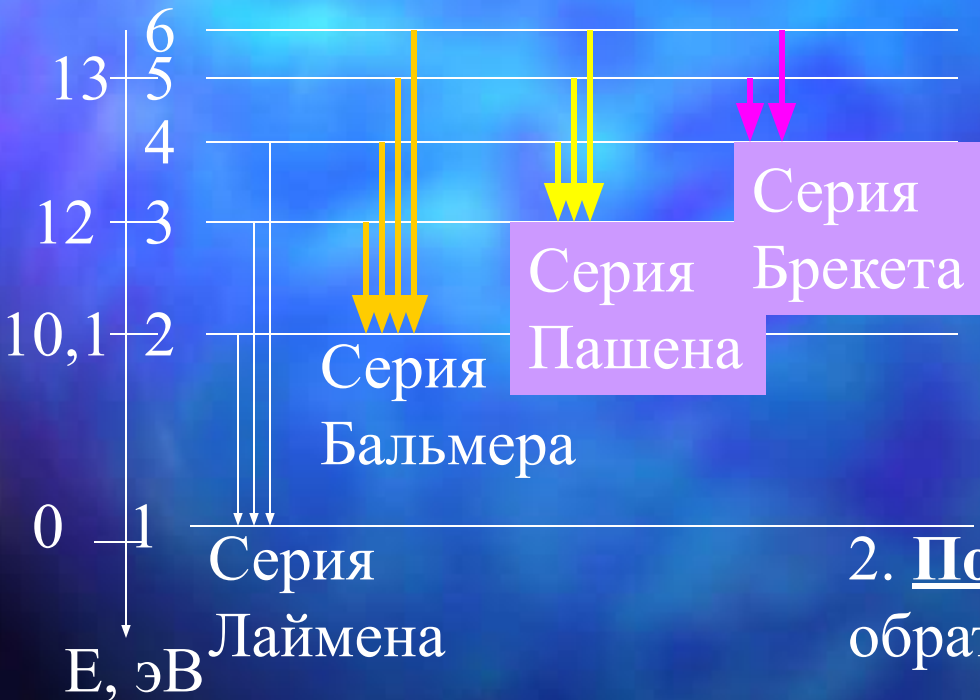
Возможен лишь дискретный ряд орбит, по которым электрон может двигаться в стационарном состоянии.

$$mvr = n\hbar$$

m – масса электрона;
 v – скорость электрона;
 r – радиус n -ой орбиты

Модель атома водорода по Бору

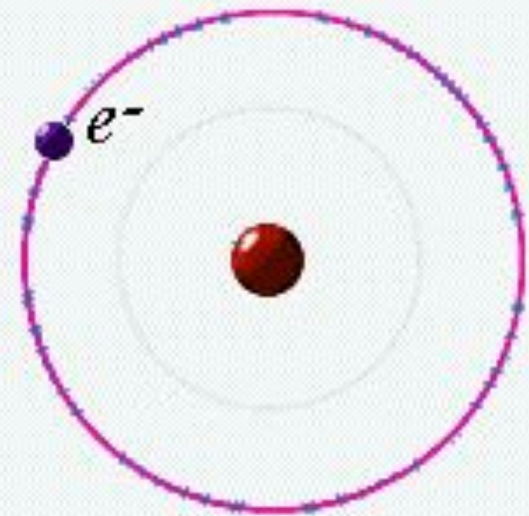
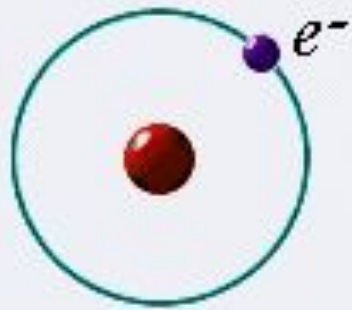
1. Излучение света происходит при переходе атома с высших энергетических уровней E_k на один из низших энергетических уровней E_n . Атом в этом случае излучает квант $h\nu_{kn}$ энергии.

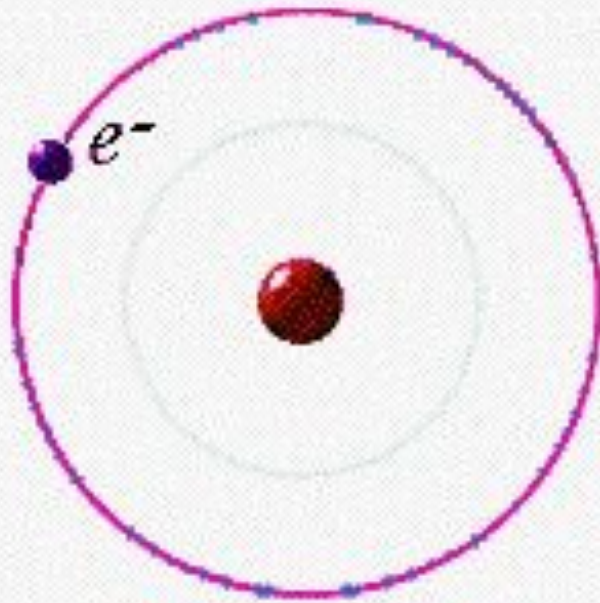


$$\nu = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

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

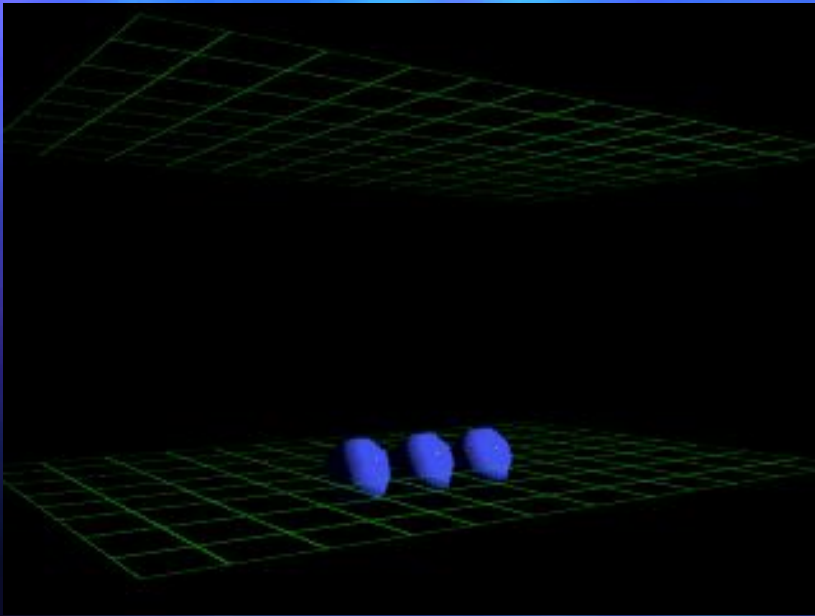
2. Поглощение света – процесс, обратный излучению. Атом поглощает квант электромагнитной энергии, переходит из низших энергетических состояний в высшие.



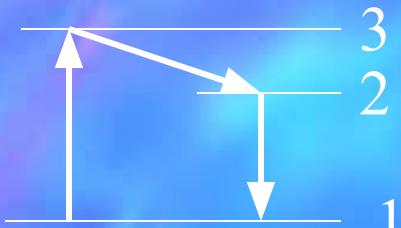


Лазеры

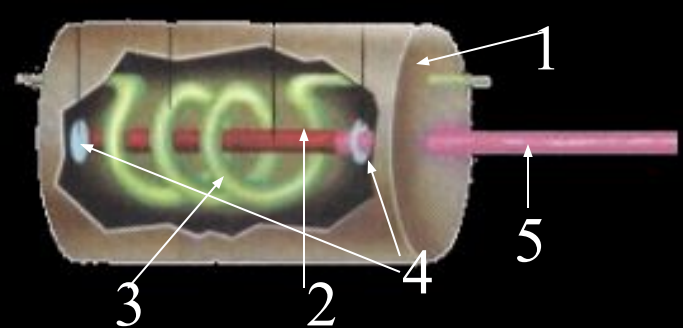
Лазер - это оптический квантовый генератор, создающий мощные, узконаправленные, когерентные пучки монохроматического света.



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

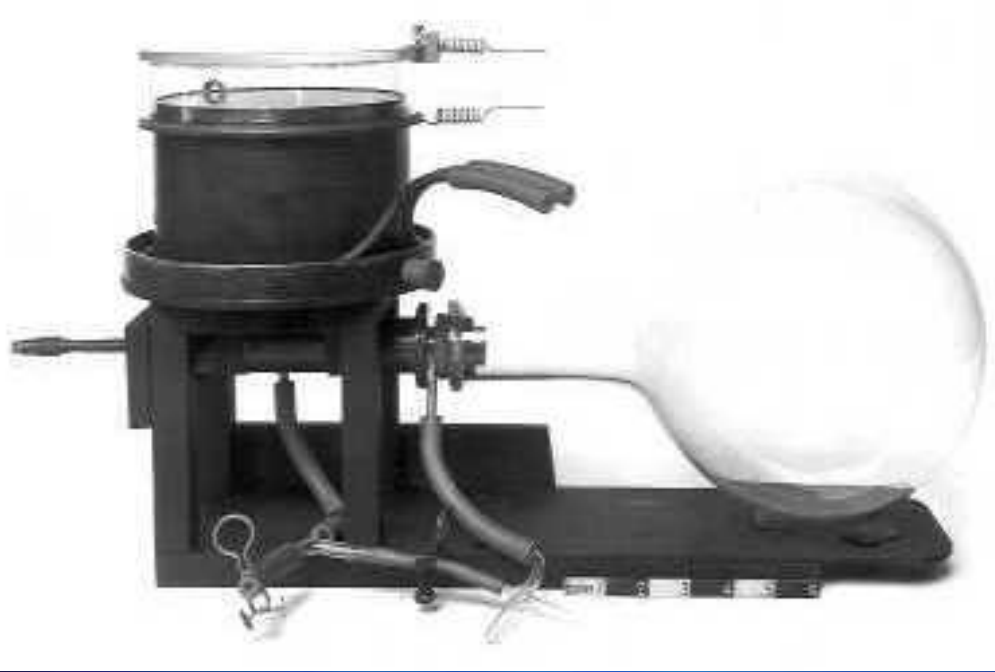
1. Счетчик Гейгера – Мюллера.

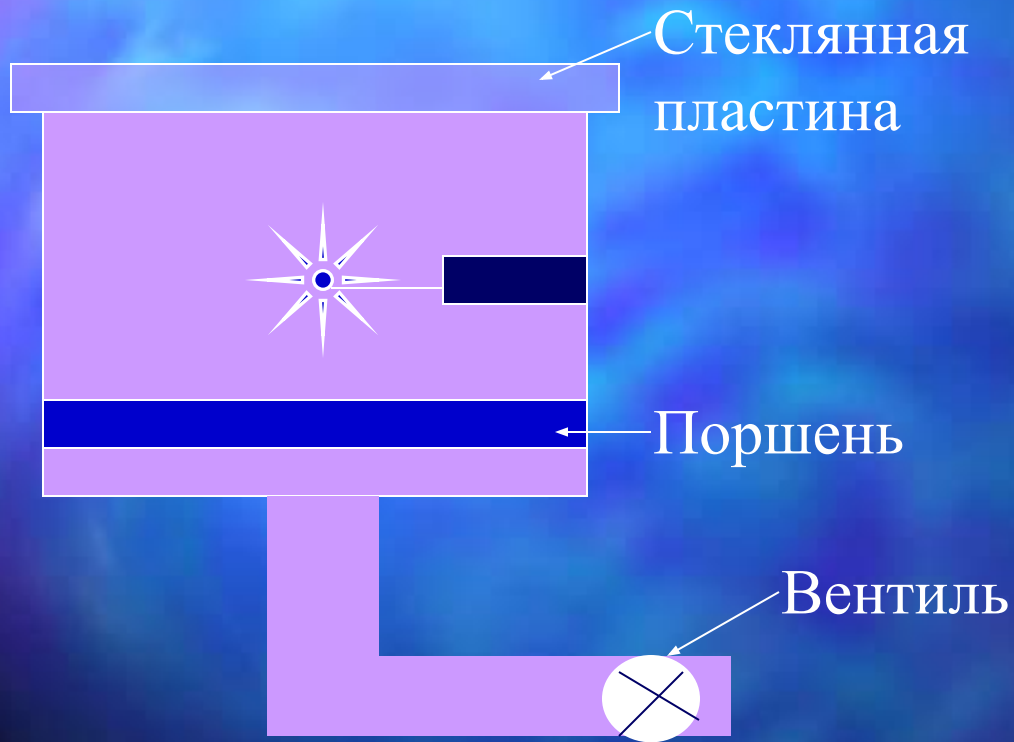


Счетчик состоит из закрытой трубки, по оси которой натянута, струна (А), а стенки покрыты тонким проводящим слоем (К). Трубка заполнена аргоном.

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.

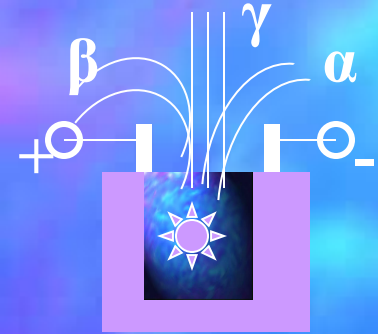
Принцип действия основан на том, что в перегретом состоянии чистая жидкость, находясь под высоким давлением, не закипает при температуре выше точки кипения. Если в камеру попадает заряженная частица, то она на своем пути образует цепочку ионов. В области пролета частицы жидкость закипает, вдоль ее траектории 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 α - , β - , γ - кванты, превращаясь в атомы другого химического элемента.



α - 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.

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

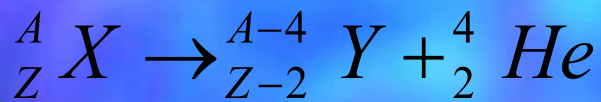
γ - лучи – электромагнитные волны с длиной волны 10^{-10} м – 10^{-13} м. γ -лучи не отклоняются магнитным полем.

Правило смещения

Превращение атомных ядер, которые сопровождаются испусканием α - , β - , γ -лучей, называется α - , β - , γ -распадом.

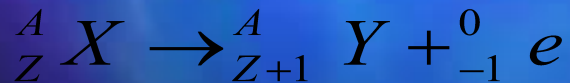
Распадающееся ядро называется материнским, ядро продукта распада – дочерним.

α - распад.



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

β - 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.

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

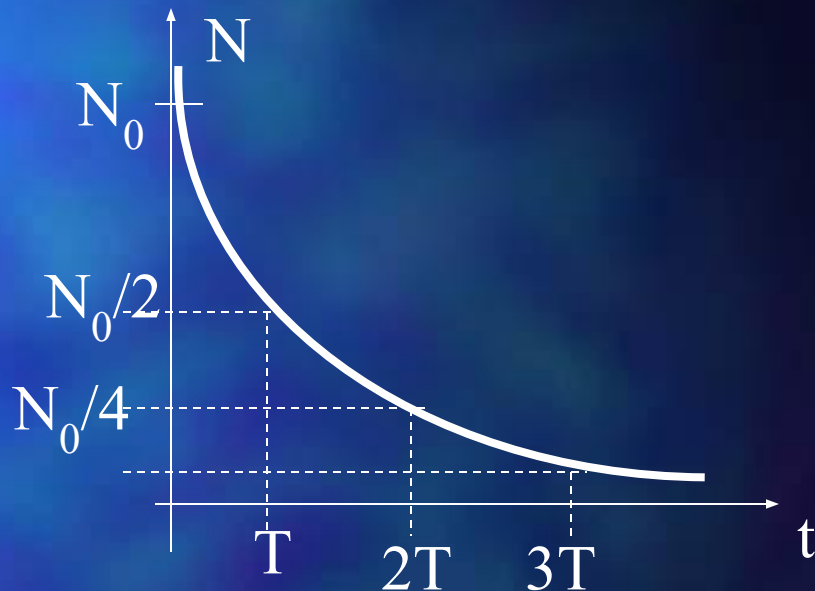
$$n = \frac{t}{T}$$

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

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

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

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



N_0 - число ядер в начальный момент времени

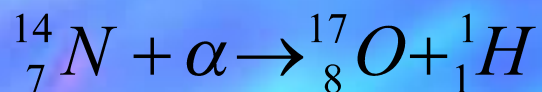
N - число ядер, не распавшихся по прошествии времени t .

Изотопы.



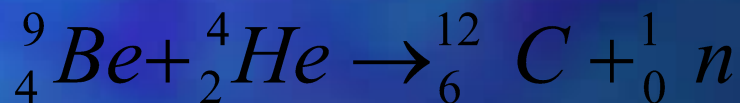
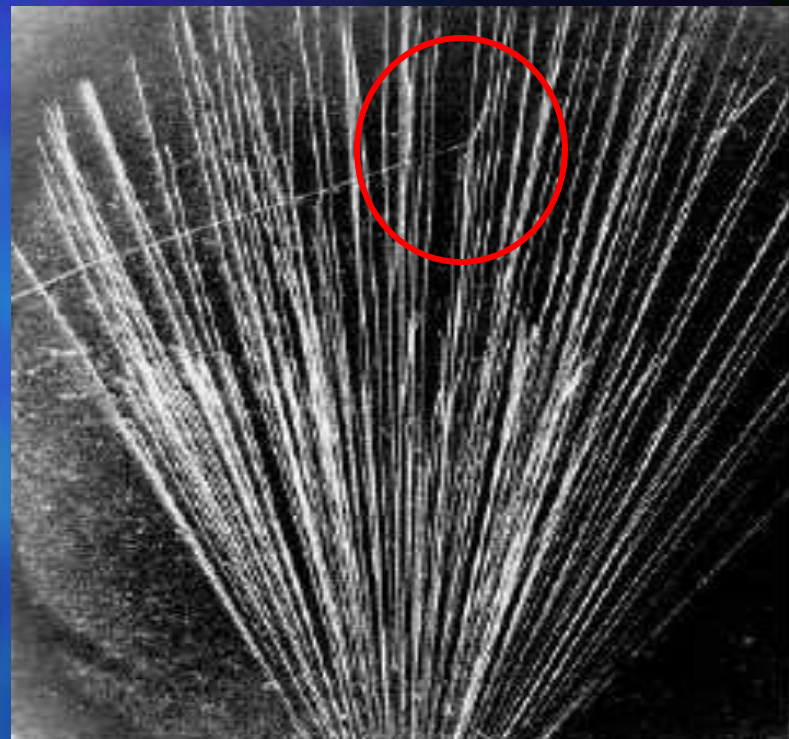
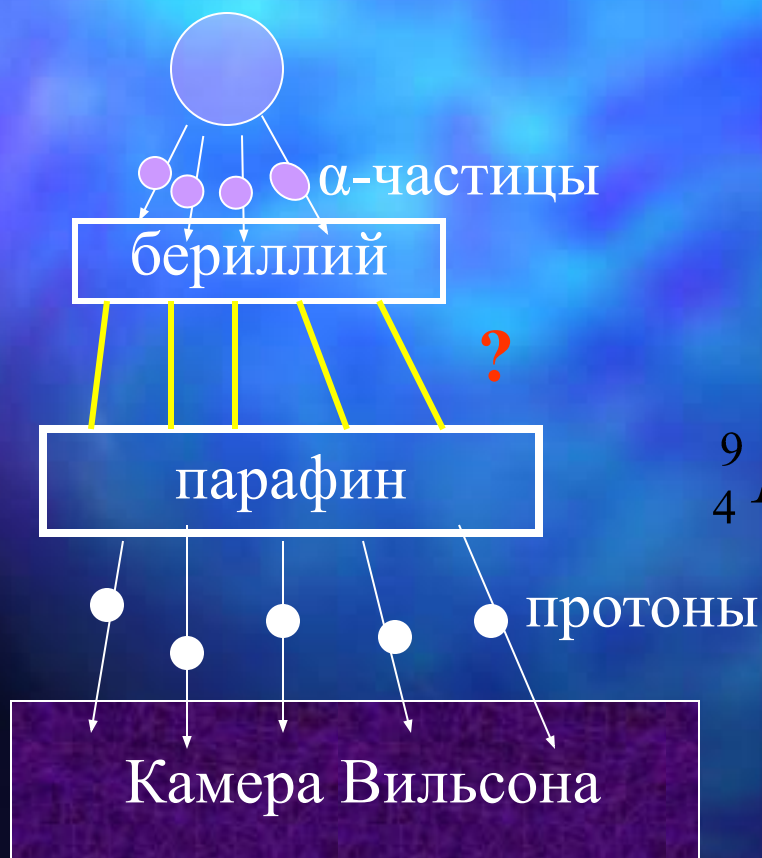
Ядра с одинаковым числом протонов, но с разным числом нейтронов называются изотопами одного химического элемента.

Искусственное превращение атомных ядер.



Открытие нейтрона.

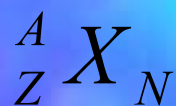
В 1932 г. Чедвиг (англ.)



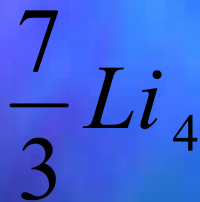
Нейтрон нестабильная частица: свободный нейтрон за время около 15 мин распадается на протон, электрон и нейтрино – частицу, лишенную массы покоя.

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 $M_{\text{я}}$.

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

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

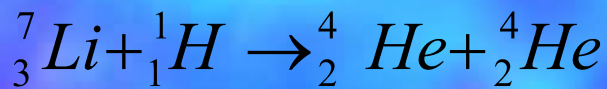
$M_{\text{я}} \approx 1,00783 \text{ а.е.м}$ – масса ядра
водорода

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

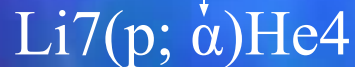
Ядерные реакции.

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

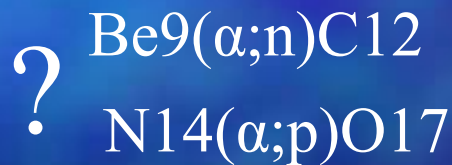
Ядерные реакции происходят, когда частица вплотную приближается ядру и попадает в сферу действия ядерных сил.



*Краткая
запись*



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

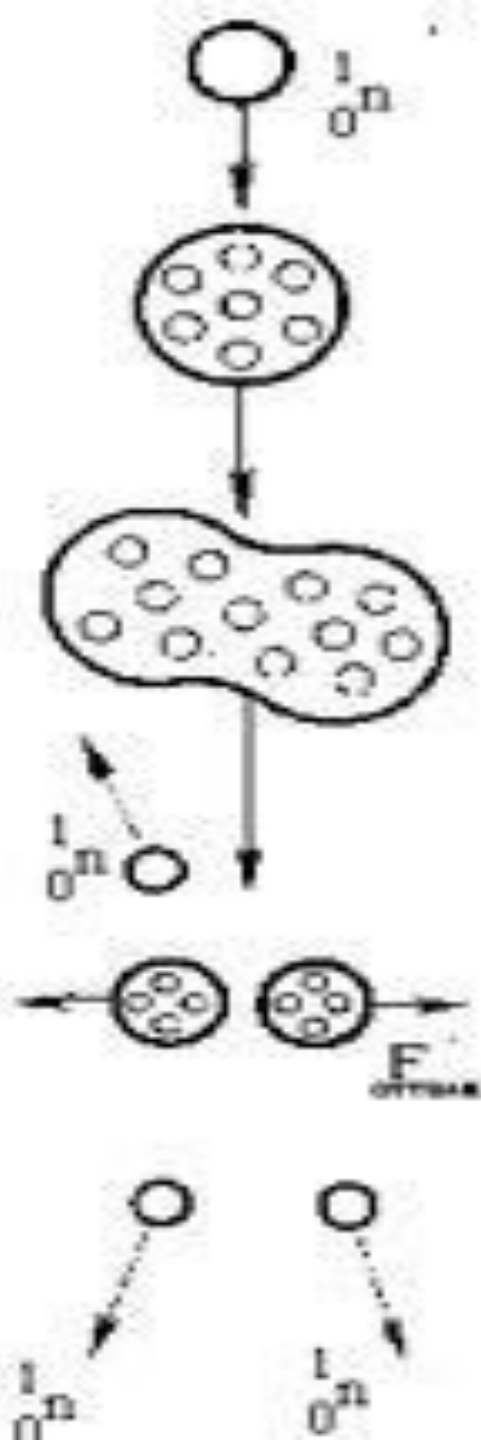


Деление ядер урана.

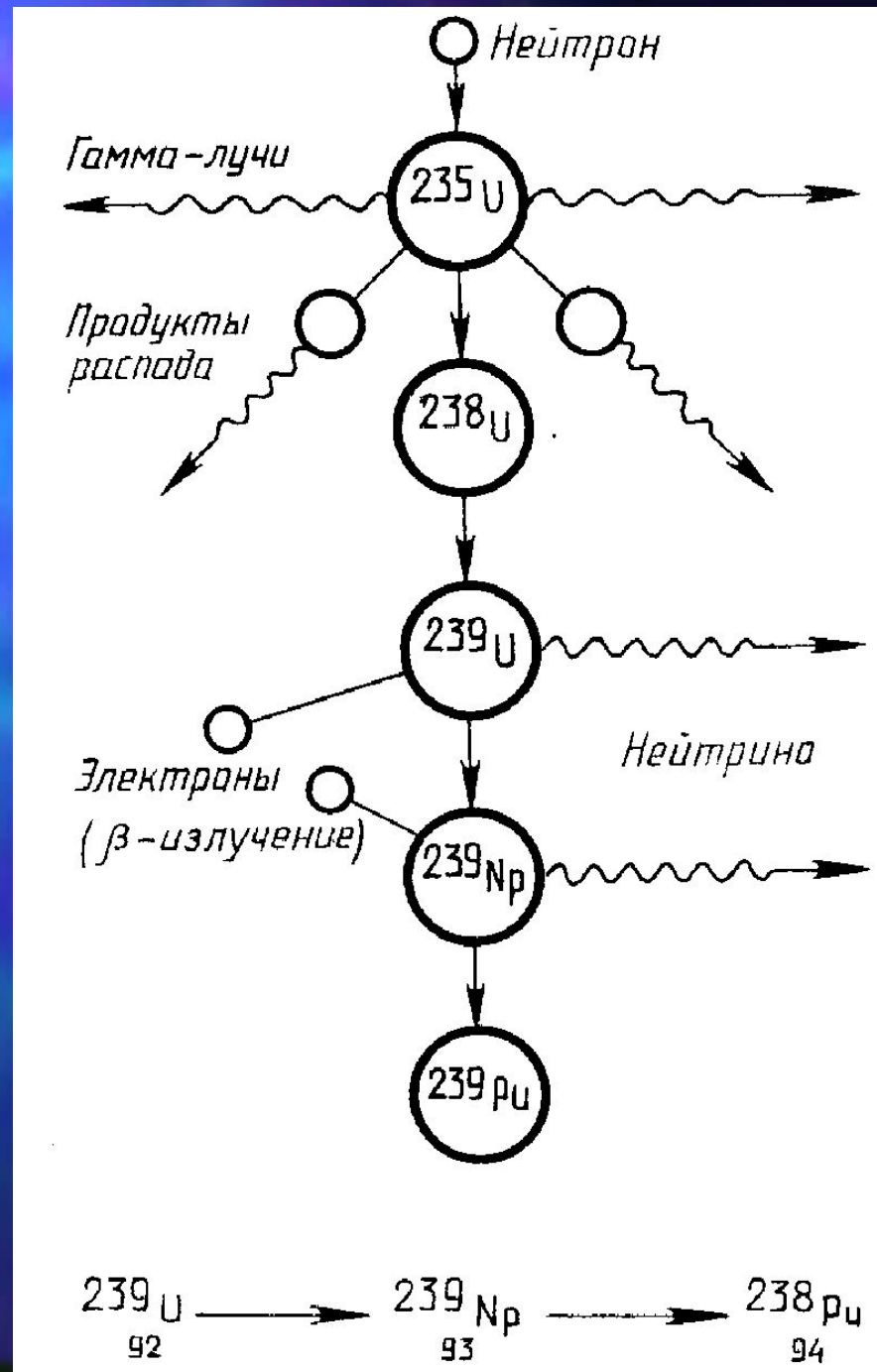
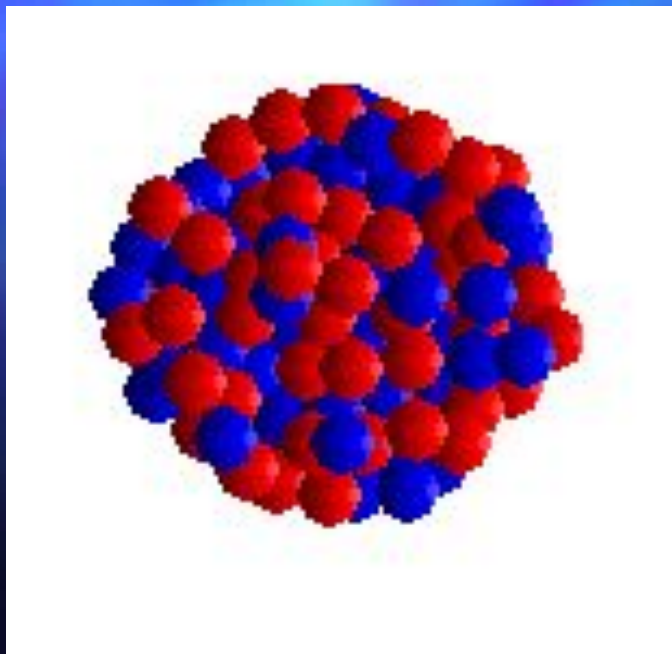
1938 г. немецкие ученые Штрассман и Ган установили, что при бомбардировке урана нейтронами возникают элементы средней части периодической системы: барий, криптон и др.

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

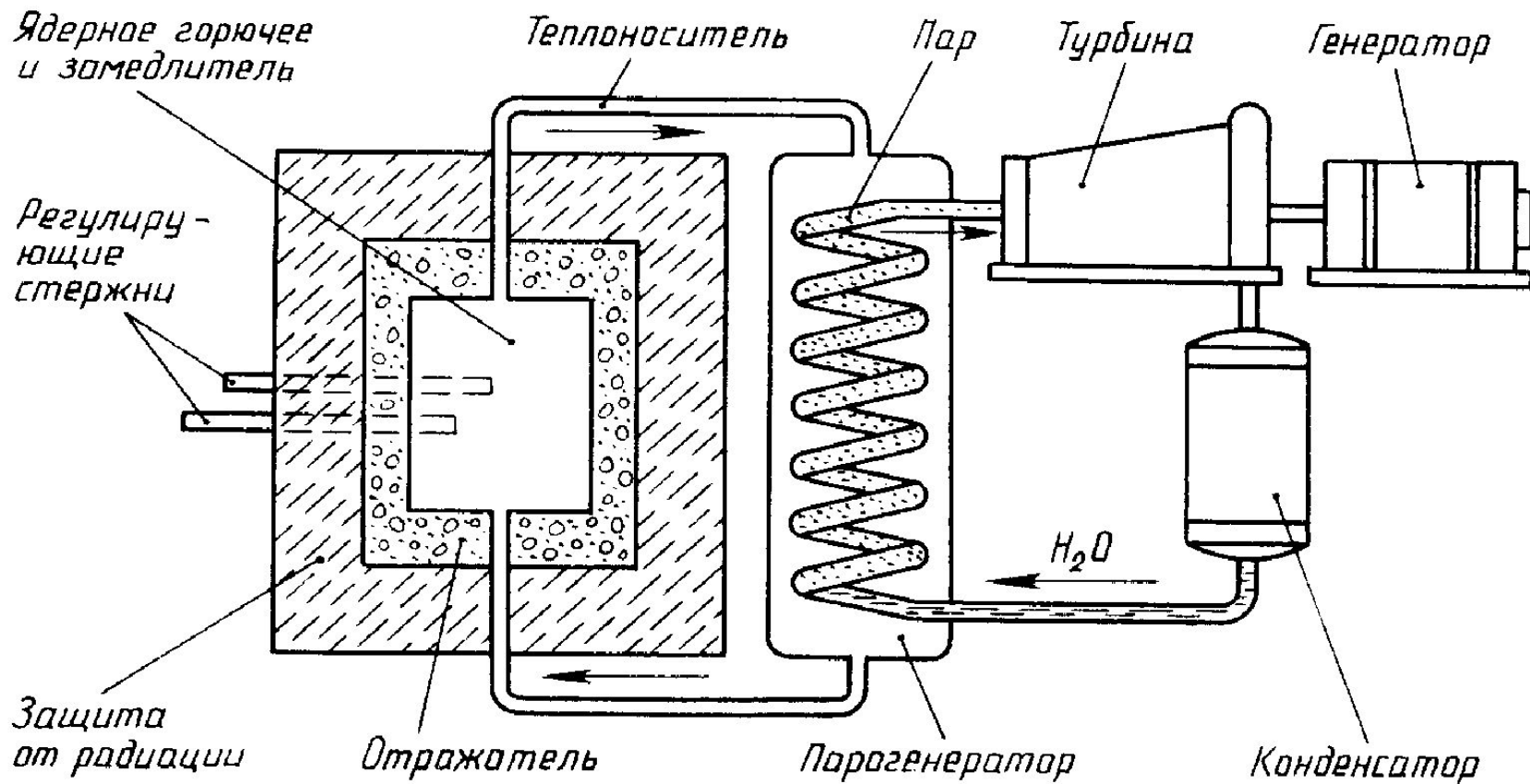
Механизм деления ядра.



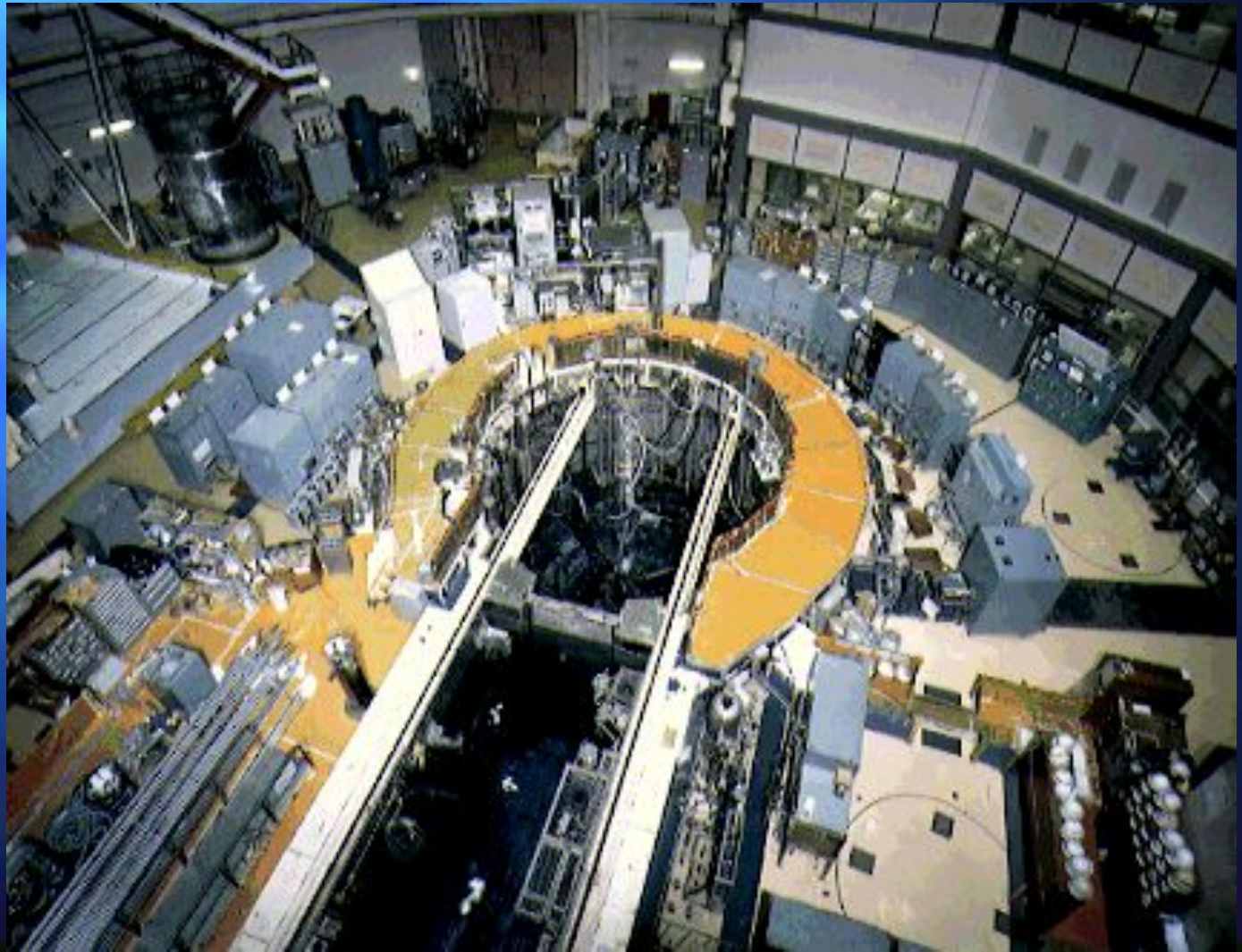
Производство плутония



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 γ -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

