

Тема 2

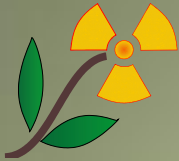
Физические закономерности радиоактивного распада

- 1 Общая характеристика радиоактивного распада
- 2 Виды радиоактивного распада
- 3 Виды ионизирующих излучений
- 4 Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом

Радиоактивность и ядерные излучения

Строение атома.





Радиоактивность и ядерные излучения

Строение атома.

□ *Атом:*

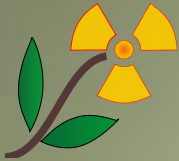
электронейтральная микросистема, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов.

□ *Протоны, нейтроны и электроны*

элементарные частицы, входящие в состав атома.

Заряд и масса элементарных атомных частиц

Элементарная частица	Относительный заряд	Масса покоя, а. е. м.
протон	+1	1,0073
нейтрон	0	1,0087
электрон	-1	$5,4858 \cdot 10^{-4}$



Протонное число.

Число протонов в ядре атома называют **протонным числом (Z)**,

Число нейтронов – **нейтронным числом (N)**.

Суммарное количество протонов и нейтронов в ядре атома называют **массовым числом (A)**.

$$\text{Массовое число атома (A)} \quad A = Z + N$$

Протонное число соответствует **порядковому номеру** химического элемента в Периодической системе Д.И. Менделеева.

Ядра атомов одного и того же элемента всегда содержат **одинаковое число протонов**.



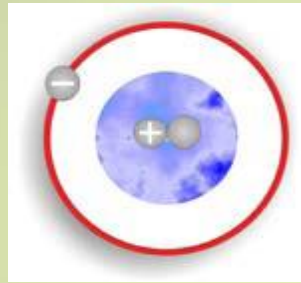
Изотопы

Это атомы одного и того же химического элемента то есть атомы, имеющие в своих ядрах одинаковое количество протонов, но отличающиеся массовыми числами из-за разного количества в ядрах нейтронов.

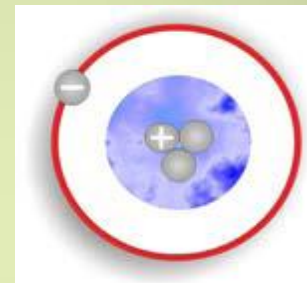
Названия и символы изотопов совпадают с названием и символом соответствующего химического элемента. Только изотопы водорода имеют собственные названия и символы



Протий ${}^1\text{H}$
(стабильный)

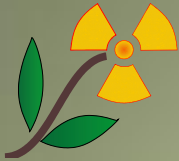


Дейтерий D (${}^2\text{H}$)
(стабильный)



Тритий T (${}^3\text{H}$)
(радиоактивный)

Схемы строения атомов протия, дейтерия и трития.



Радионуклиды :

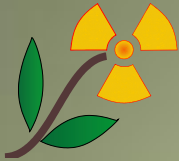
это *атомы с нестабильными ядрами*, которые самопроизвольно превращаются в более устойчивые ядра атомов других химических элементов или других изотопов того же элемента с выделением в окружающую среду энергии в виде *ионизирующего излучения*.

Радиоактивными являются все химические элементы, расположенные в Периодической системе элементов *за висмутом, порядковый номер которого равен 83*.

Остальные химические элементы имеют *как стабильные, так и радиоактивные изотопы*

Из почти 1 700 известных в настоящее время нуклидов *стабильны только 264*.

Остальные являются радиоактивными и самопроизвольно распадаются, превращаясь в стабильные нуклиды.

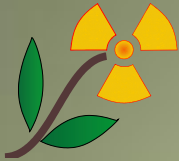


Легкие радионуклиды:

содержат в ядре *небольшое число протонов и нейтронов*, обычно превращаются в стабильные нуклиды в результате *одного ядерного превращения* (например, T (^3H), ^{14}C , ^{40}K и др.).

Тяжелые радионуклиды ($Z > 83$)

При распаде их ядер может осуществляться *цепочка последовательных ядерных превращений*, которая продолжается до тех пор, пока не образуется устойчивое ядро.



Радиоактивные семейства:

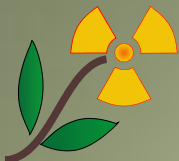
Группа тяжелых радиоактивных элементов, объединенных цепочкой последовательных самопроизвольных ядерных превращений, образует **радиоактивное семейство**.

В настоящее время на Земле присутствуют члены **трех естественных радиоактивных семейств:**

- ^{235}U ,
- ^{238}U ,
- ^{232}Th

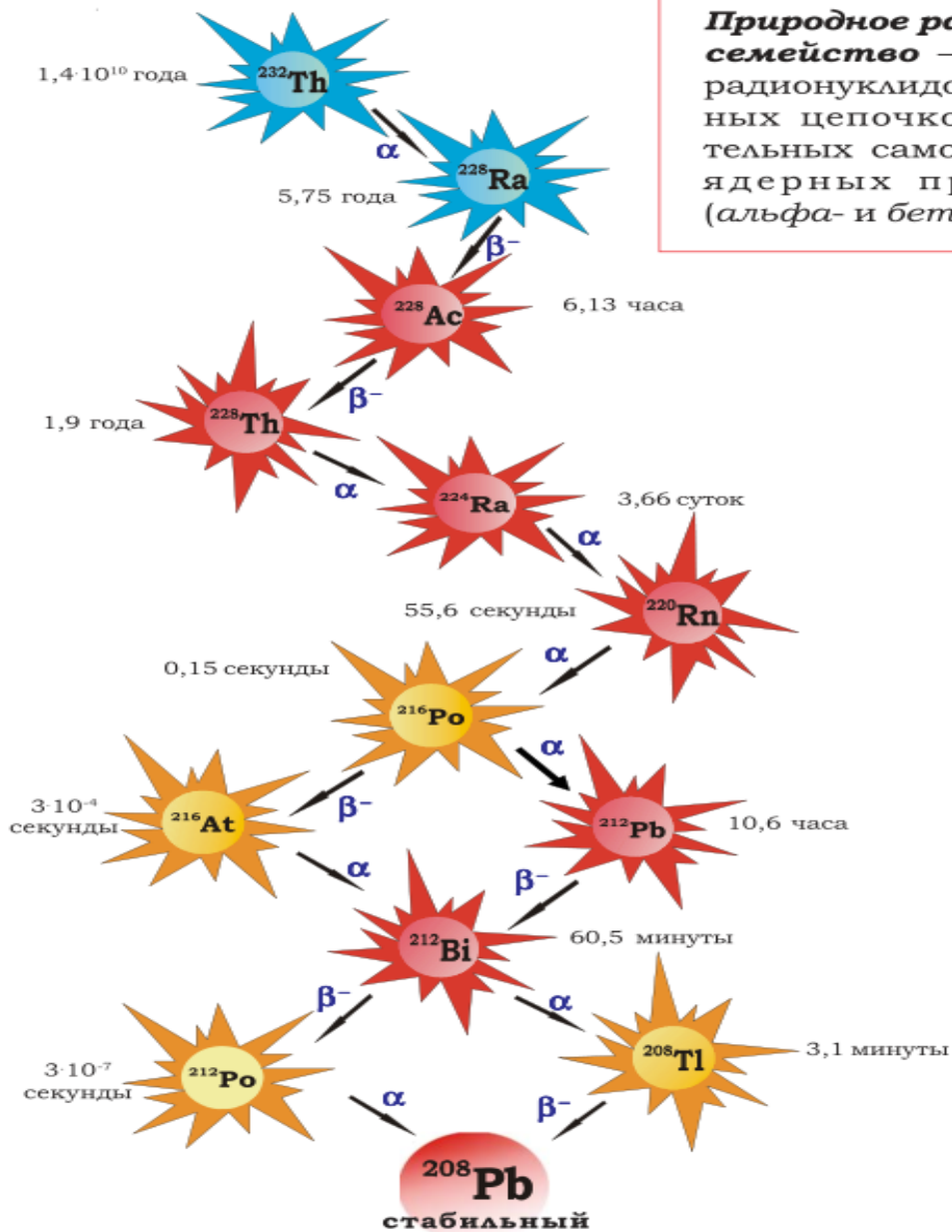
и

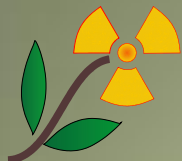
- Семейство полученного искусственно ^{237}Np



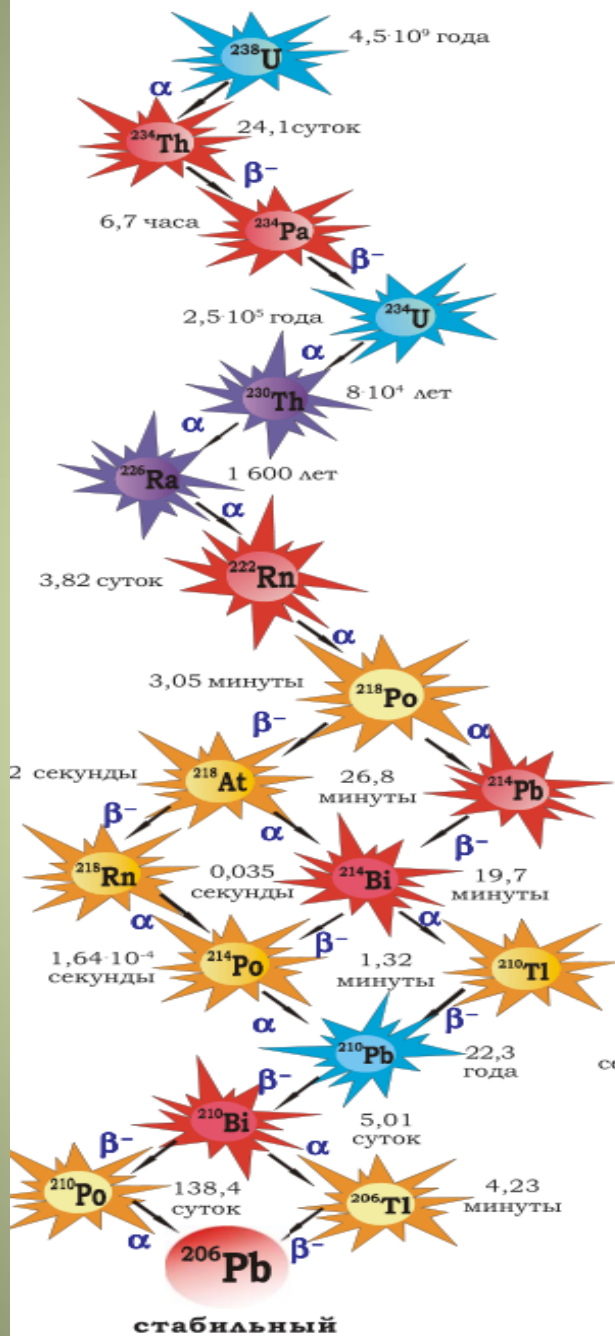
Радиоактивное семейство ^{232}Th

Природное радиоактивное семейство — это группа радионуклидов, объединенных цепочкой последовательных самопроизвольных ядерных превращений (альфа- и бета-распадов).

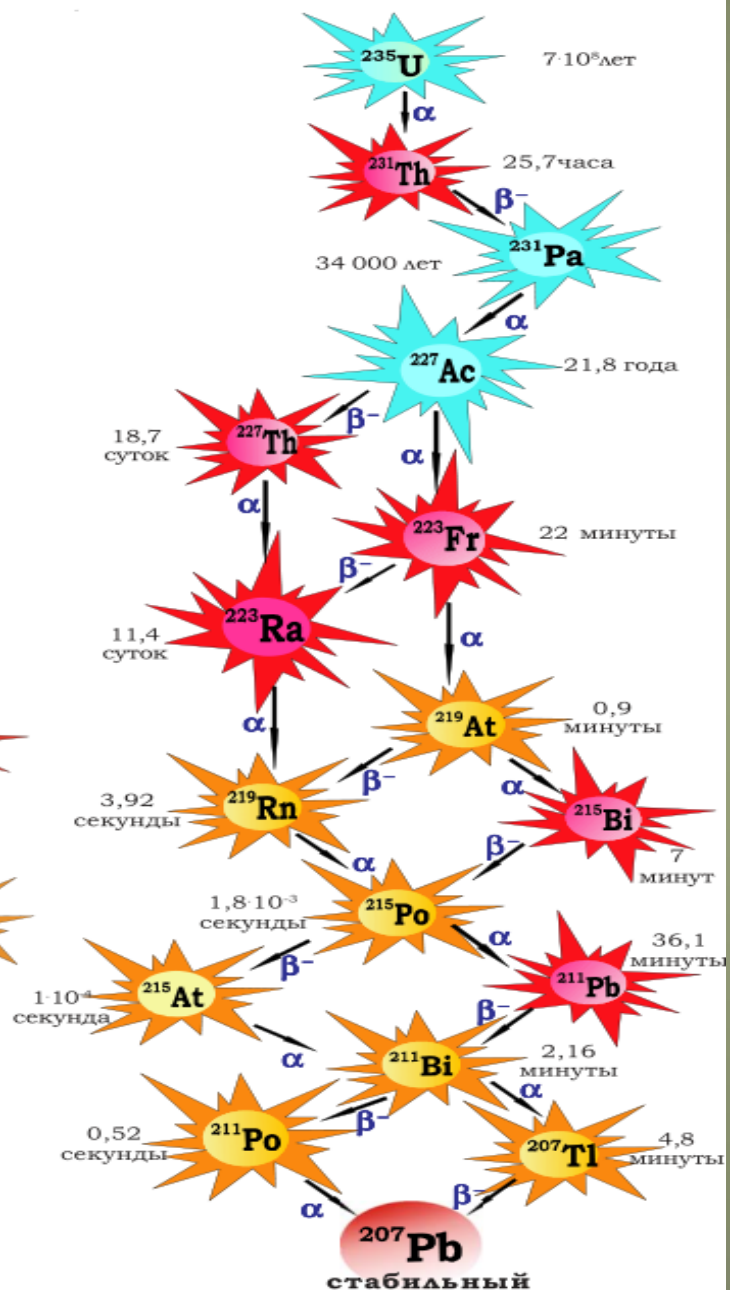


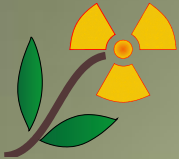


Радиоактивное семейство ^{238}U



Радиоактивное семейство ^{235}U

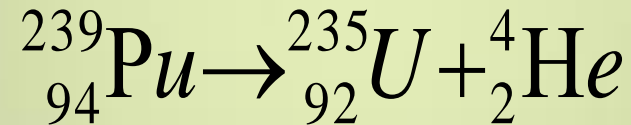




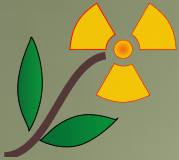
Известны 2 типа радиоактивного распада: *альфа-распад*, *бета-распад*, а также *спонтанное деление атомных ядер (нейтронный распад)*, *протонная радиоактивность (протонный синтез)*.

В более тяжелых элементах больше нейтронов. Начиная с номера 82 таблицы Д.И.Менделеева, ядра изотопов химических элементов нестабильны и распадаются, несмотря на избыток нейтронов.

Альфа-распад – характерен для ядер тяжелых элементов:



При альфа-распаде ядро атома испускает два протона и два нейтрона, связанные в ядро атома гелия ${}^4_2\text{He}$, т.е. альфа-частица по массе и заряду аналогична ядру атома гелия. Энергия альфа-частиц может быть в пределах 1–10 МэВ.



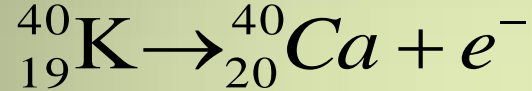
Бета-распад (β -распад) – это процесс превращения в ядре атома протона в нейтрон или нейтрона в протон с выбросом бета-частиц (соответственно позитрона или электрона). Бета-распад объединяет три самостоятельных вида радиоактивных превращений:

выбрасывание электрона и антинейтрино – $^{-}\beta$ -распад (электронный распад);

выбрасывание позитрона и нейтрино – $^{+}\beta$ -распад (позитронный распад);

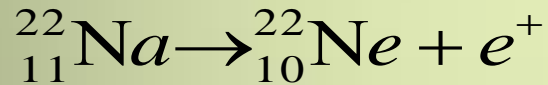
поглощение одним из протонов ядра атома электрона с ближайшей орбиты. При этом заряд ядра уменьшится на единицу.

Электронный распад:



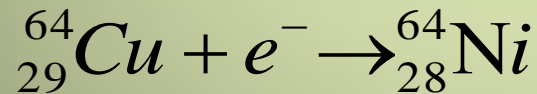
(электрон) + ν^1 (антинейтрино)

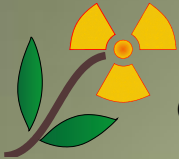
Позитронный распад:



(позитрон) + ν (нейтрино)

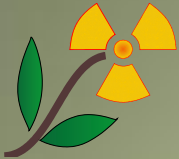
Радиоактивные превращения ядер могут происходить и при захвате ядром орбитального электрона (**K-захват**):





Спонтанное деление атомных ядер (нейтронный распад) – это самопроизвольное деление некоторых тяжелых ядер (^{238}U , ^{235}U , ^{240}Pu , ^{248}Pu , ^{249}Pu , ^{250}Cf ; ^{244}Pu , ^{248}Cm и др.). Вероятность самопроизвольного деления ядер незначительна по сравнению с альфа-распадом. Процесс самопроизвольного деления ядер происходит из-за того, что ядра сами по себе нестабильны. При этом происходит расщепление ядра на два осколка (ядра), близких по массе.

Кинетическая энергия ядер-осколков во много раз больше энергии альфа-частиц. Кроме того, выбрасывается некоторое количество нейтронов, обычно 2–3 на акт деления. Другой отличительной особенностью деления является огромное энерговыделение (в миллионы раз больше, чем при сжигании органического топлива). И, наконец, продукты деления являются радиоактивными. Ядра-осколки перегружены нейтронами и поэтому испускают нейтроны, бета-частицы и гамма-кванты. То есть, при делении тяжелых ядер появляются различного рода ионизирующие излучения



❖ Скорость радиоактивного распада

радионуклида пропорциональна числу нераспавшихся атомных ядер этого радионуклида. Выявленную закономерность назвали **законом радиоактивного распада**.

❖ Закон радиоактивного распада

характеризует изменение во времени количества неустойчивых атомных ядер радионуклида. Например, радионуклид ^{90}Sr имеет период полураспада 28,5 года.

Из 10 г радионуклида через 28,5 года останется только 5,0 г ^{90}Sr .

В течение последующих 28,5 года распадется еще половина ^{90}Sr , останется 2,5 г радионуклида и т. д.

❖ Период полураспада радионуклида

это промежуток времени, за который распадается половина любого количества радионуклида. *По величине периода полураспада судят о скорости распада радионуклида.*

Период полураспада обычно обозначают $T_{1/2}$.