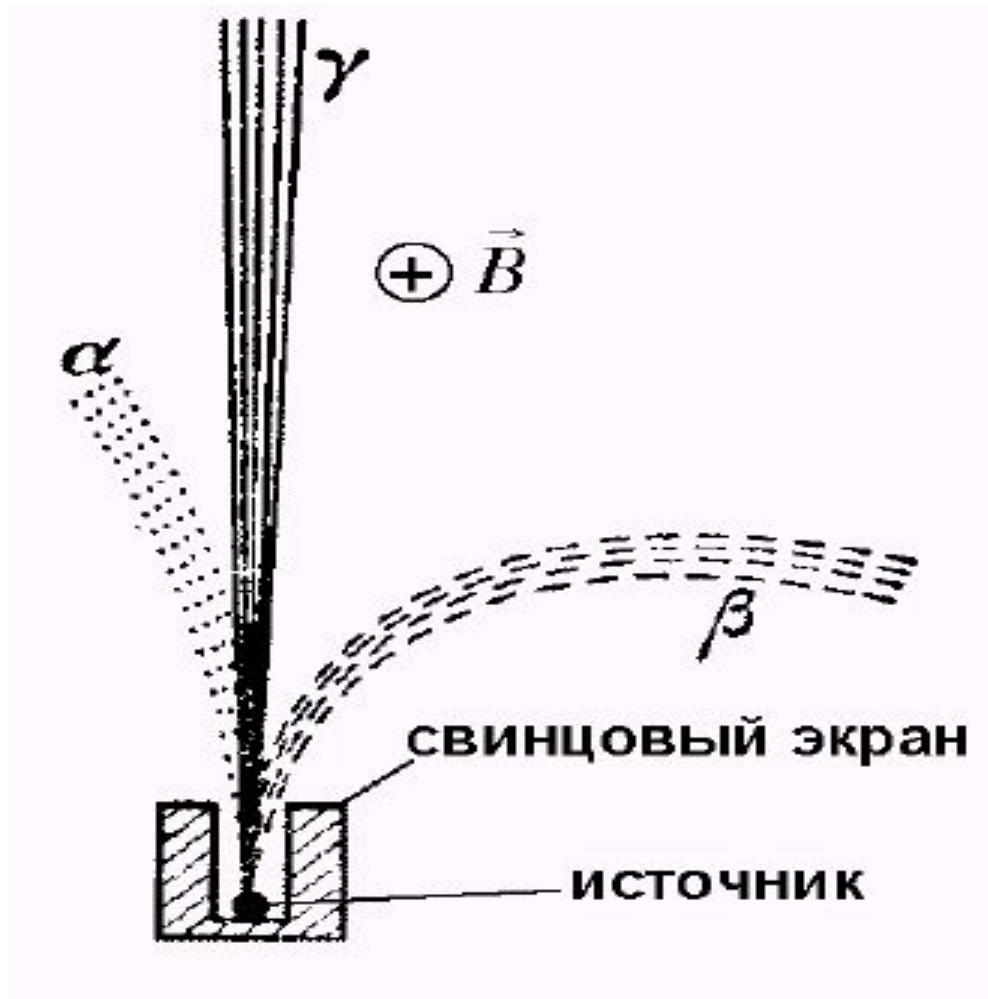


§ 10.4. Радиоактивное излучение.

Радиоактивность – способность некоторых ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра с испусканием различных видов радиоактивного излучения и элементарных частиц.

- Различают *естественную* и *искусственную* радиоактивности.
- **Естественной радиоактивностью** называется радиоактивность, наблюдающаяся у существующих в природе неустойчивых изотопов (с 84 элемента).
- **Искусственной радиоактивностью** называется радиоактивность изотопов, полученных в результате ядерных реакций.

Радиоактивное излучение бывает трех типов: α -, β - и γ -излучение.



α-излучение

α-излучение отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает высокой ионизирующей способностью и малой проникающей способностью (поглощается слоем алюминия толщиной 0,05мм).

α-излучение представляет собой поток ядер гелия: заряд α-частицы равен $+2e$, а масса совпадает с массой ядра изотопа гелия ${}^4_2\text{He}$

β-излучение

β-излучение также отклоняется электрическим и магнитным полями; его ионизирующая способность на два порядка меньше чем ионизирующая способность α-лучей, а проникающая способность, напротив, гораздо больше α-излучения (поглощается слоем алюминия толщиной 2-3 мм.)

β-излучение представляет собой поток быстрых электронов или позитронов.



γ-ИЗЛУЧЕНИЕ

γ-излучение не отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает относительно слабой ионизирующей способностью и очень большой проникающей способностью (например, проходит слой свинца толщиной 5 см).

γ-излучение представляет собой коротковолновое электромагнитное излучение с чрезвычайно малой длиной волны $\lambda < 10^{-10}$ м и, вследствие этого, ярко выраженными корпускулярными свойствами, т.е. является потоком частиц — γ-квантов (фотонов).

§ 10.5. Закон радиоактивного распада.

- *Радиоактивный распад* естественное радиоактивное превращение ядер, происходящее самопроизвольно.
- Ядро, испытывающее радиоактивный распад, называется *материнским*, возникающее ядро называется *дочерним*.

Число ядер, распадающихся за время dt , пропорционально начальному числу ядер N .

Убыль $-dN$ числа ядер: $-dN = \lambda N dt$.

Закон распада получим, разделяя переменные и интегрируя выражение:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad \int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$$

где N_0 — число ядер в данном объеме вещества в начальный момент времени $t = 0$, N — число ядер в том же объеме к моменту времени t .

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

Получаем, что самопроизвольный распад атомных ядер подчиняется закону радиоактивного распада:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

λ — постоянная распада, имеющая смысл вероятности распада ядра за 1 с и равная доле ядер, распадающихся в единицу времени

Интенсивность процесса радиоактивного распада характеризуют две величины: период полураспада $T_{1/2}$ и среднее время жизни τ радиоактивного ядра.

Период полураспада $T_{1/2}$ — время, за которое исходное число радиоактивных ядер в среднем уменьшается вдвое:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \exp(-\lambda T_{1/2}) \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,69}{\lambda}$$

Суммарная продолжительность жизни dN ядер равна $t dN = t \lambda N dt$.

Среднее время жизни τ для всех первоначально существовавших ядер:

$$\tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \lambda N t dt \equiv \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \lambda \exp(-\lambda t) dt t dt = \frac{1}{\lambda}$$

Активностью A нуклида в радиоактивном источнике называется число распадов, происходящих с ядрами образца в 1 с:

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N$$

Единица активности — беккерель (Бк):
1 Бк — активность нуклида, при которой за 1 с происходит один акт распада.

Внесистемная единица — кюри (Ки)

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$



§ 10.6. Правила смещения.

- При радиоактивном распаде выполняется закон сохранения электрических зарядов и закон сохранения массовых чисел.

Следствием этих законов являются **правила смещения**, позволяющие установить, какое ядро возникает в результате распада данного материнского ядра в различных типах радиоактивного распада.



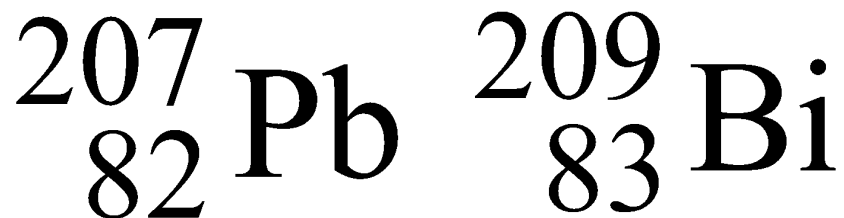
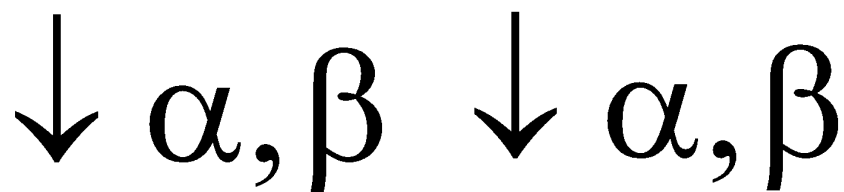
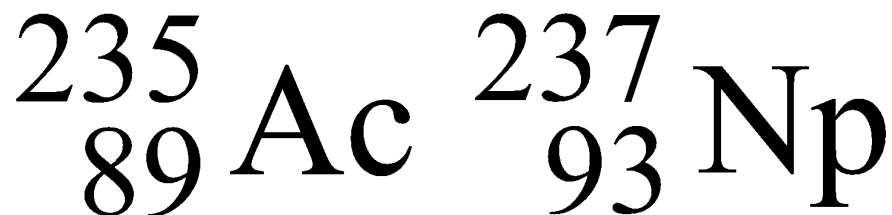
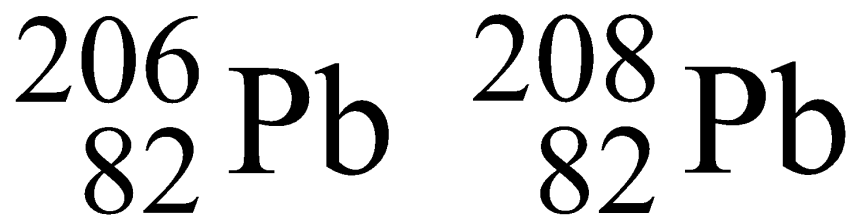
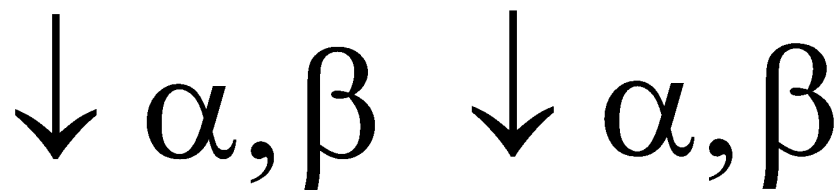
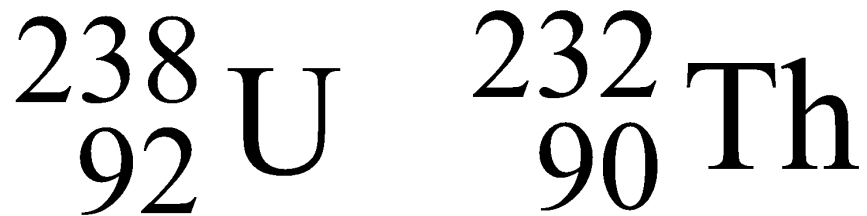
Где ${}^A_Z X$ — материнское ядро, Y — символ дочернего ядра, ${}^4_2 \text{He}$ — ядро гелия (α -частица), ${}^0_{-1} e$ — символическое обозначение электрона.

Возникающие в результате радиоактивного распада ядра могут быть, в свою очередь, радиоактивными.

Это приводит к возникновению **цепочки**, или **ряда радиоактивных превращений**, заканчивающихся стабильным элементом.

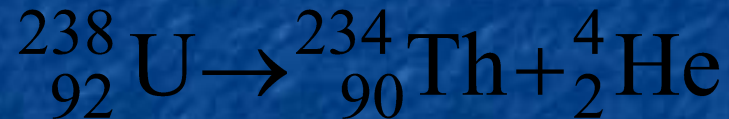
Совокупность элементов, образующих такую цепочку, называется **радиоактивным семейством**.

Радиоактивные семейства :



α -распад

- В основном α -распад характерен для тяжелых ядер ($A > 200$, $Z > 82$). α -распад подчиняется правилу смещения, например, распад изотопа урана приводит к образованию тория:



- Согласно современным представлениям, α -частицы образуются внутри тяжелых ядер вследствие объединения двух протонов и двух нейтронов. Такая образовавшаяся частица сильнее отталкивается от оставшихся протонов ядра, чем отдельные протоны. Одновременно α -частица испытывает меньшее ядерное притяжения к нуклонам в ядре, чем отдельные нуклоны.

β -распад

- При бета-распаде ядро испускает электрон и электронное антинейтрино.
- β -электроны рождаются в результате процессов, происходящих внутри ядра при превращении одного вида нуклона в ядре в другой $e^- \neq 0$ нейтрона в протон. ← **антинейтрино**

γ -распад

- Гамма-излучение является жестким излучением, энергия которого испускается при переходах ядер из возбужденных энергетических состояний в основное или менее возбужденные состояния, а также при ядерных реакциях.
- γ -излучение — самостоятельный тип радиоактивности. Оно сопровождает процессы α - и β -распадов и не вызывает изменения заряда и массового числа ядер.
- γ -излучение испускается дочерним (а не материнским) ядром, которое в момент своего образования оказывается возбужденным.
- Спектр γ -излучения является линейчатым, что доказывает дискретность энергетических состояний атомных ядер.

§ 10.5. Приборы для регистрации радиоактивных излучений и частиц.

- Наблюдение и регистрация радиоактивных излучений и частиц основаны на их способности производить ионизацию или возбуждение атомов среды.
- Сцинтилляционный счетчик — детектор ядерных частиц, основными элементами которого являются сцинтиллятор (кристаллофосфор, излучающий вспышки света при попадании в него частиц) и фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), позволяющий преобразовать слабые световые вспышки в электрические импульсы, которые регистрируются электронной аппаратурой.

Ионизационные счетчики — заполненные газом электрические конденсаторы — детекторы частиц, основанные на способности заряженных частиц вызывать ионизацию газа, с последующей регистрацией импульсов тока. Пример — счетчик Гейгера-Мюллера.

Полупроводниковые счетчики — полупроводниковые диоды, прохождение через которые регистрируемых частиц, приводит к появлению электрического тока через диод.

Камера Вильсона — цилиндр с плотно прилегающим поршнем, заполненный нейтральным газом. При резком (адиабатическом) расширении газ становится пересыщенным и на траекториях частиц, пролетевших через камеру, образуются треки из тумана, которые фотографируются.

Пузырьковая камера — конструктивно похожая на камеру Вильсона и заполненная прозрачной перегретой жидкостью. Пролетающая через камеру заряженная частица вызывает резкое вскипание жидкости, и траектория частицы оказывается обозначенной цепочкой пузырьков газа — образуя трек, который как и в камере Вильсона, фотографируется.

Ядерные фотоэмульсии — толстослойные фотографические эмульсии, прохождение заряженных частиц через которые вызывает ионизацию, приводящую к образованию скрытого изображения в эмульсии. После проявления следы заряженных частиц обнаруживаются в виде цепочки зерен металлического серебра. Для исследований высокоэнергетичных частиц используются стопы пластинок — большое число маркированных фотоэмульсионных пластинок, помещаемых на пути частиц и после проявления промеряемых под микроскопом.