

Закон радиоактивного распада

Закон радиоактивного распада установлен Ф. Содди



Историческая справка

СОДДИ (Soddy) Фредерик (1877-1956), английский радиохимик, иностранный член-корреспондент АН СССР (1925; иностранный член-корреспондент РАН с 1924). Разработал основы теории радиоактивного распада (1903, совместно с Э. Резерфордом). Ввел (1913) понятие об изотопах.

Сформулировал правило радиоактивного смещения (1913, одновременно с К. Фаянсом).

Экспериментально доказал (1915) образование радия из урана.

Нобелевская премия (1921).

Опытным путем Э. Резерфорд установил, что активность радиоактивного распада убывает с течением времени. Для каждого радиоактивного вещества существует интервал времени, на протяжении которого активность убывает в 2 раза, т. е. *период полураспада T* данного вещества. Например, для ядра Ra период $T=1600$ лет. Следовательно, если взять 1г Ra, через 1600 лет его будет 1/2 г, а через 3200 лет— 1/4 г. Таким образом, исходное количество радия должно обратиться в нуль спустя бесконечный промежуток времени.



Радиоактивным распадом называется естественное радиоактивное превращение ядер, происходящее самопроизвольно. Ядро, испытывающее радиоактивный распад, называется **материнским**; возникающее **дочернее ядро**, как правило, оказывается возбужденным, и его переход в основное состояние сопровождается испусканием γ -фотона. Т.о. гамма-излучение — основная форма уменьшения энергии возбужденных продуктов радиоактивных превращений

В любом образце радиоактивного вещества содержится огромное число радиоактивных атомов. Так как радиоактивный распад имеет случайный характер и не зависит от внешних условий, то закон убывания количества $N(t)$ нераспавшихся к данному моменту времени t ядер может служить важной статистической характеристикой процесса радиоактивного распада.

Пусть число радиоактивных атомов N_0 время $t=0$.

Через $t_1=T$ число нераспавшихся ядер

$$N=N_0/2$$

Через $t_2=2T$ останется

$$N=N_0/2^2,$$

Через $t_3=3T$ таких ядер окажется

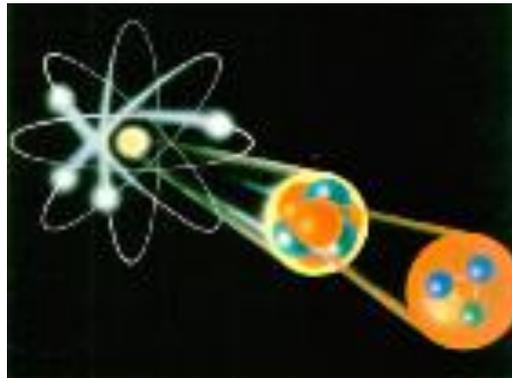
$$N=N_0/2^3—$$

и т. д.

Следовательно, в конце промежутка времени $t=nT$ нераспавшихся ядер останется $N=N_0/2^n$. Так как $n=t/T$, то

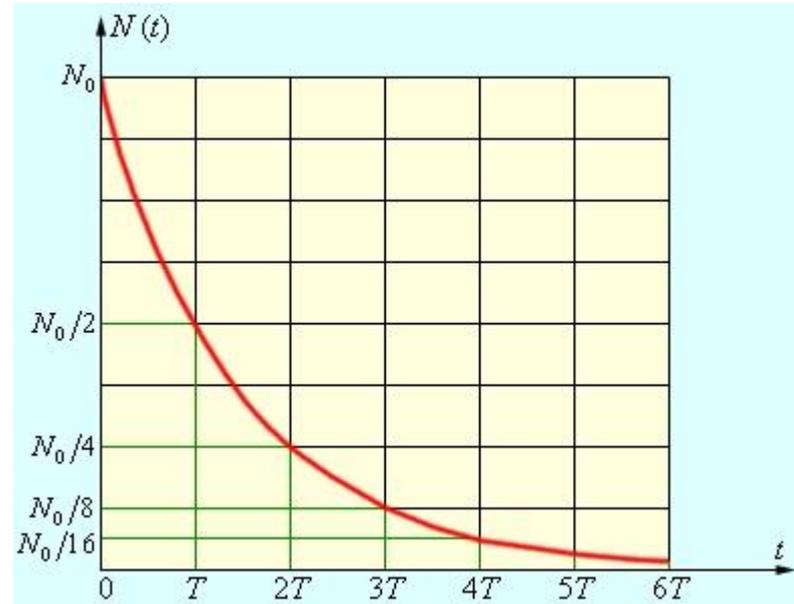
$$N = N_0 2^{-t/T}$$

Это закон, которому подчиняется распад большого количества радиоактивных ядер.



Величина T называется периодом полураспада. За время T распадается половина первоначального количества радиоактивных ядер. Величины T и τ связаны соотношением

$$T = \frac{1}{\lambda} \ln 2 = \tau \ln 2 = 0,693\tau.$$



Период полураспада — основная величина, характеризующая скорость процесса. Чем меньше период полураспада, тем интенсивнее протекает распад. Так, для урана T 4,5 млрд лет, а для радия T 1600 лет. Поэтому активность радия значительно выше, чем урана. Существуют радиоактивные элементы с периодом полураспада в доли секунды

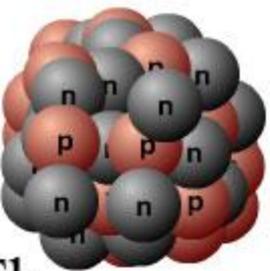
Зависимость скорости распада атомов **A** (A-активность) от числа не распавшихся атомов **N** и **A** от времени, прошедшего от начала распада:

$$A=0,693N/T$$

При α - и β -радиоактивном распаде дочернее ядро также может оказаться нестабильным. Поэтому возможны серии последовательных радиоактивных распадов, заканчиваются образованием стабильного ядра (например, существует несколько таких серий, является серия



состоящая из 14 последовательных распадов). Эта серия заканчивается

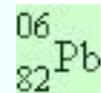
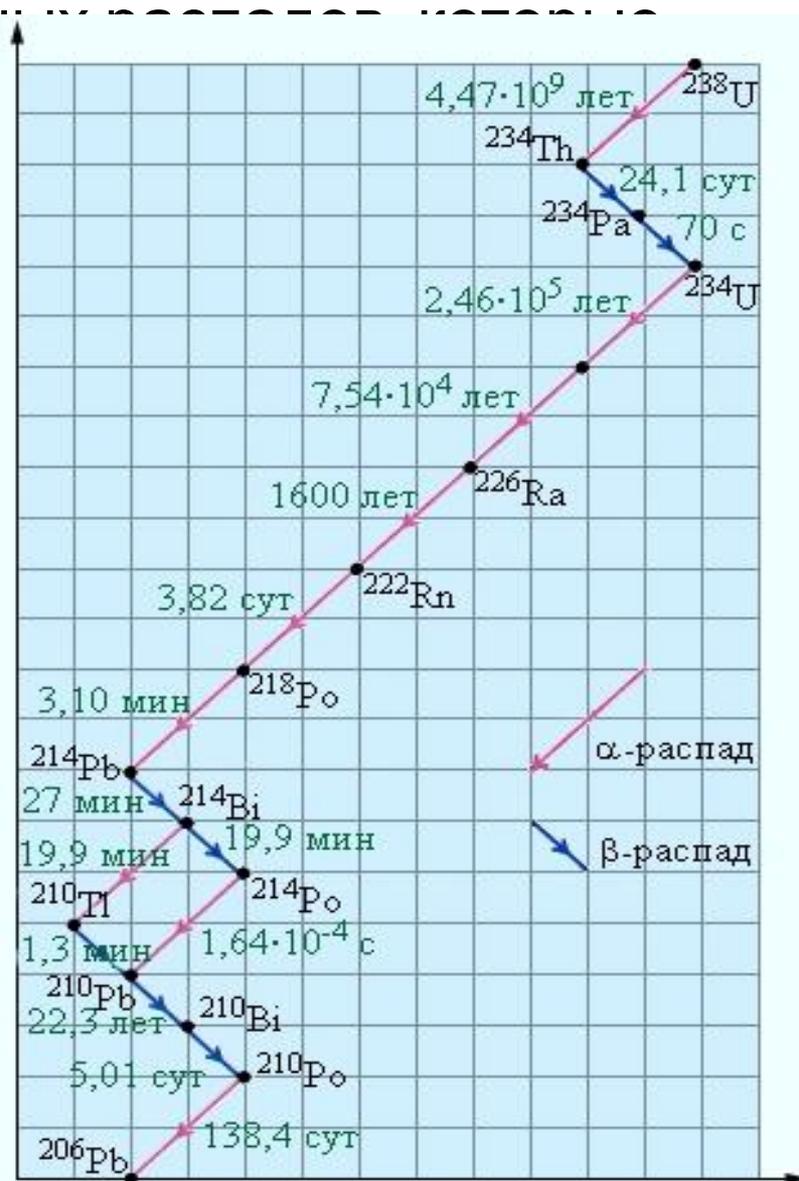


${}_{90}^{234}\text{Th}$

- Альфа-распад
- Бета-распад
- Гамма-распад
- Деление ядра
- Ядерный синтез
- Испускание электрона
- Испускание позитрона
- Захват электрона

Старт

Сброс



Основные радиологические величины и единицы

Величина	Наименование и обозначение единицы измерения		Соотношения между единицами
	Внесистемные	СИ	
Активность нуклида, А	Кюри (Ки, Ci)	Беккерель (Бк, Bq)	$1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с}$ $1 \text{ Бк} = 2.7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$
Экспозиционная доза, Х	Рентген (Р, R)	Кулон/кг (Кл/кг, C/kg)	$1 \text{ Р} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ $1 \text{ Кл/кг} = 3.88 \cdot 10^3 \text{ Р}$
Поглощенная доза, D	Рад (рад, rad)	Грей (Гр, Gy)	$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$ $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$
Эквивалентная доза, Н	Бэр (бэр, rem)	Зиверт (Зв, Sv)	$1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$ $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$
Интегральная доза излучения	Рад-грамм (рад*г, rad*g)	Грей- кг (Гр*кг, Gy*kg)	$1 \text{ рад*г} = 10^{-5} \text{ Гр*кг}$ $1 \text{ Гр*кг} = 10^5 \text{ рад*г}$

Эквивалентная доза

Весовые множители излучения	
Вид излучения и диапазон энергий	Весовой множитель
Фотоны всех энергий	1
Электроны и мюоны всех энергий	1
Нейтроны с энергией < 10 КэВ	5
Нейтроны от 10 до 100 КэВ	10
Нейтроны от 100 КэВ до 2 МэВ	20
Нейтроны от 2 МэВ до 20 МэВ	10
Нейтроны > 20 МэВ	5
Протоны с энергий > 2 МэВ (кроме протонов отдачи)	5
α-частицы, осколки деления и другие тяжелые ядра	20

Эквивалентная доза

Значения тканевых весовых множителей w_t для различных органов и тканей.

Ткань или орган	w_t	Ткань или орган	w_t
Половые железы	0.20	Печень	0.05
Красный костный мозг	0.12	Пищевод	0.05
Толстый кишечник	0.12	Щитовидная железа	0.05
Легкие	0.12	Кожа	0.01
Желудок	0.12	Поверхность костей	0.01
Мочевой пузырь	0.05	Остальные органы	0.05
Молочные железы	0.05		

Где применимы полученные результаты?

Например: В клетчатке только что спиленного дерева каждый грамм вещества излучает в среднем 17,5 бета-частиц в течение 1 мин. Так как это дерево уже не поглощает углерод из атмосферы, то активность древесины будет непрерывно уменьшаться. Зная период полураспада (5570 лет), можно по остаточной активности деревянного изделия определить, когда дерево было спилено. Этот метод используется в археологии для определения даты того или иного события, например когда была построена лодка египетского фараона, когда был зажжен костер первобытным человеком, сколько лет умершим животным...

Еще один пример

Туринская Плащаница, в которую, по преданию, был

Вскоре после этого папа Иоанн Павел II во время посещения Африки в своем выступлении 28 апреля 1989 года «напомнил» слушателям о том, что католическая церковь, якобы, никогда официально не признавала Туринской плащаницы в качестве подлинных погребальных пелен Иисуса Христа, а признавал ее только священной реликвией, нарисованным на полотне изображением, которая используется на предпасхальном богослужении во всех католических и православных храмах. Таким образом, католическая церковь по горячим следам официально признала результат научного исследования возраста Туринской плащаницы .