

Закон радиоактивного распада

- При радиоактивном распаде скорость изменения числа исходных частиц прямо пропорциональна числу частиц

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N.$$

или

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

Таким образом:

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

где N_0 – начальное число радиоактивных ядер при $t = 0$. За время $\tau = 1 / \lambda$ количество нераспавшихся ядер уменьшится в $e \approx 2,7$ раза. Величину τ называют средним временем жизни радиоактивного ядра.

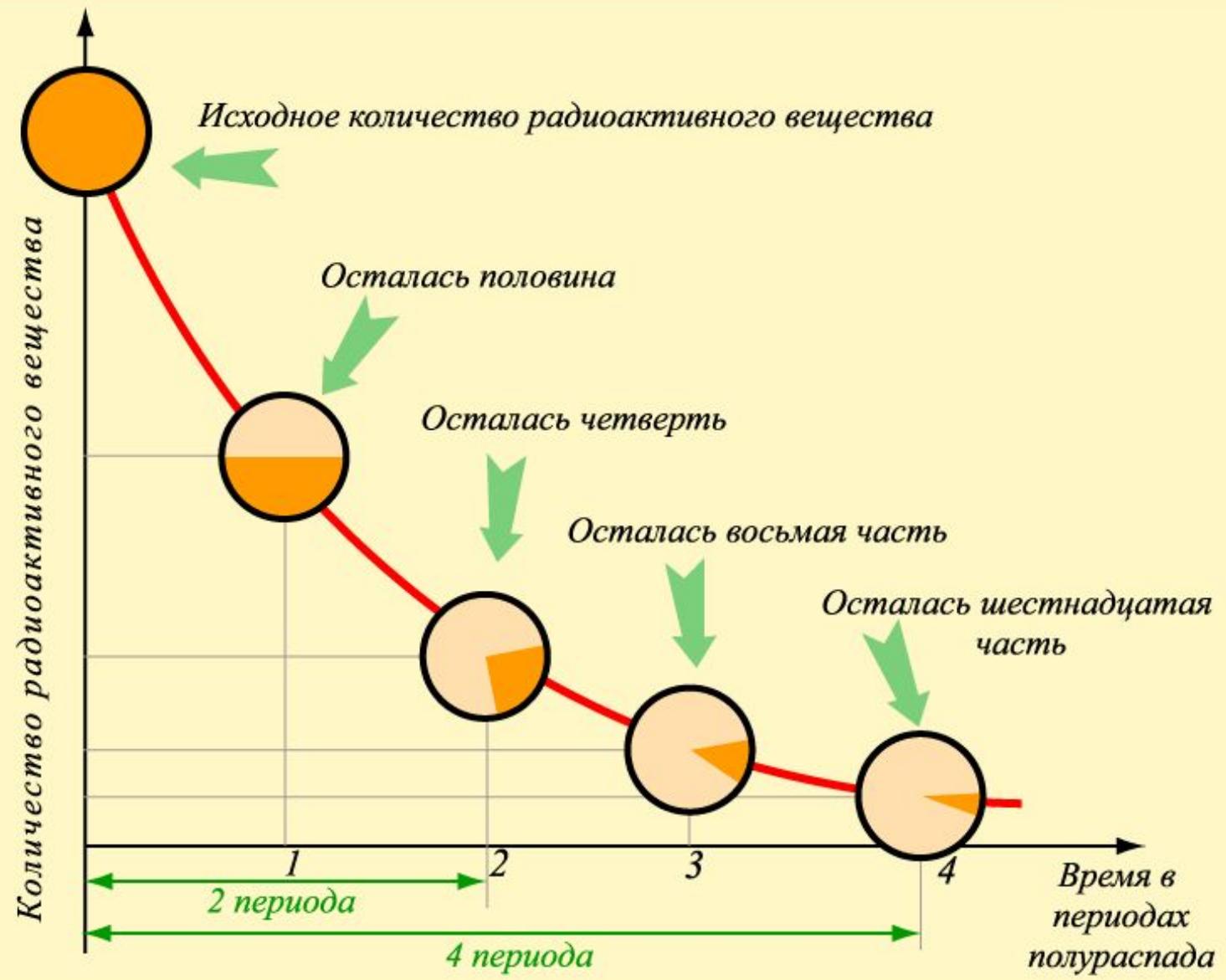
Для практического использования закон радиоактивного распада удобно записать в другом виде, используя в качестве основания

число 2, а не e :
$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-t/T}.$$

Величина T называется периодом полураспада. За время T распадается половина первоначального количества радиоактивных ядер.

Величины T и τ связаны соотношением

$$T = \frac{1}{\lambda} \ln 2 = \tau \ln 2 = 0,693\tau. \quad \tau = 1,44T$$



Скорость радиоактивного распада характеризует число ядер $N_{\text{расп}} = N_0 - N$, распавшихся в единицу времени, или активность радиоактивного вещества A ③:

$$A = \frac{dN_{\text{расп}}}{dt} = \frac{N}{1,44T_{1/2}}.$$

Активность прямо пропорциональна числу нераспавшихся атомов, которое убывает с течением времени. Единица активности — *беккерель* (1 Бк). 1 Бк — активность радиоактивного вещества, в котором за 1 с происходит 1 распад.

Активность одного грамма радия равна $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. Эта величина часто используется на практике в качестве единицы активности — *кюри* (1 Ки); $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. Промежуток времени $t = 1,44 T_{1/2}$ характеризует *среднее время жизни радиоактивного изотопа*.

Распад атомов с разным периодом полураспада

$$T'_{1/2} < T''_{1/2}$$

N
 N_0

$A = \frac{dN_{расп.}}{dt}$ –
активность радиоактивного
вещества – число распадов
радиоактивных ядер за 1 с

$$A = \frac{N}{1,44T_{1/2}}$$

$N_0/2$

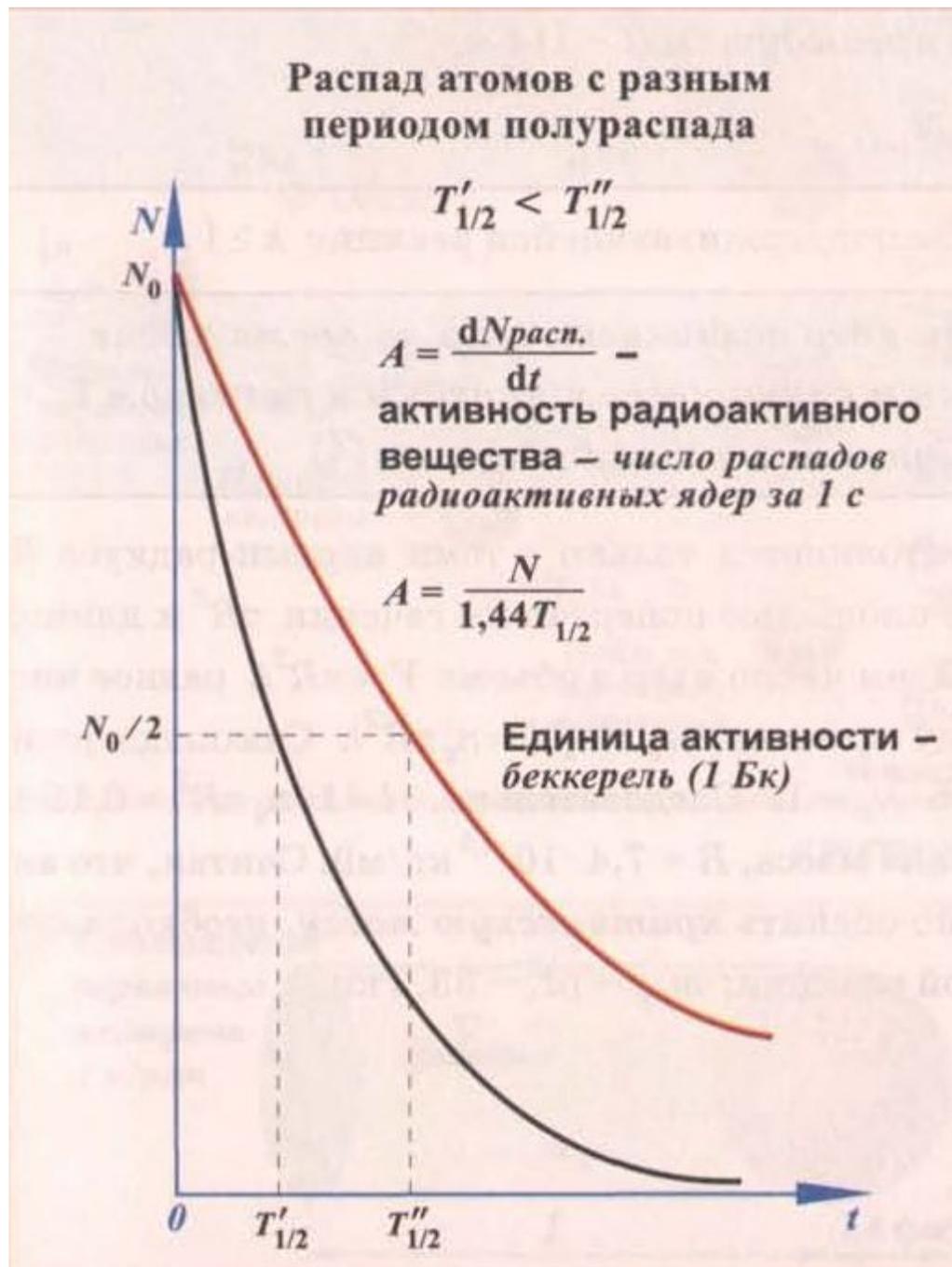
Единица активности –
беккерель (1 Бк)

0

$T'_{1/2}$

$T''_{1/2}$

t



Атомный номер химического элемента	Элемент	Обозначение изотопа	Период полураспада изотопа
1	Водород (третий)	${}^3_1\text{H}$	12,3 года
6	Углерод	${}^{11}_6\text{C}$	20 мин
6	Углерод	${}^{14}_6\text{C}$	5600 лет
15	Фосфор	${}^{32}_{15}\text{P}$	14,3 сут
16	Сера	${}^{35}_{16}\text{S}$	87 сут
19	Калий	${}^{40}_{19}\text{K}$	$1,3 \cdot 10^9$ лет
19	Калий	${}^{42}_{19}\text{K}$	12,5 ч
20	Кальций	${}^{45}_{20}\text{Ca}$	165 сут
24	Хром	${}^{51}_{24}\text{Cr}$	28 сут
26	Железо	${}^{59}_{26}\text{Fe}$	45 сут
27	Кобальт	${}^{60}_{27}\text{Co}$	5,3 года
38	Стронций	${}^{89}_{38}\text{Sr}$	50,5 сут
47	Серебро	${}^{110}_{47}\text{Ag}$	270 сут
53	Иод	${}^{131}_{53}\text{I}$	8 сут
92	Уран	${}^{234}_{92}\text{U}$	$1,6 \cdot 10^5$ лет
92	Уран	${}^{235}_{92}\text{U}$	$7,1 \cdot 10^8$ лет
94	Плутоний	${}^{239}_{94}\text{Pu}$	24,4 года

Задачи

- В результате серии последовательных радиоактивных распадов изотоп урана $^{238}_{92}\text{U}$ превращается в стабильный изотоп свинца $^{206}_{82}\text{Pb}$. Сколько α -распадов и сколько β -распадов при этом происходит ?
- Имеется 8кг радиоактивного цезия $^{137}_{55}\text{Cs}$. Определить массу нераспавшегося цезия после 135лет распада, если его период полураспада 27 лет

- Как давно был построен корабль, если при исследовании его деревянных остатков установлено, что активность радиоактивного углерода $^{14}_6\text{C}$ к настоящему времени уменьшилась на 29,3% . Период полураспада $^{14}_6\text{C}$ 5700 лет.

С6. Пациенту ввели внутривенно дозу раствора, содержащего изотоп ${}_{11}^{24}\text{Na}$. Активность 1 см^3 этого раствора $a_0 = 2000$ распадов в секунду. Период полураспада изотопа ${}_{11}^{24}\text{Na}$ равен $T = 15,3$ ч. Через $t = 3$ ч 50 мин активность 1 см^3 крови пациента стала $a = 0,28$ распадов в секунду. Каков объём введённого раствора, если общий объём крови пациента $V = 6$ л? Переходом ядер изотопа ${}_{11}^{24}\text{Na}$ из крови в другие ткани организма пренебречь.

C1 Период полураспада π -мезона равен 18 нс. За какое время (в нс по часам земного наблюдателя) распадается 99% частиц, движущихся со скоростью 0,6c?