

## Физика атомного ядра



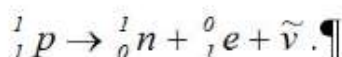
Физика атомного ядра (ядерная физика) — раздел физики, охватывающий изучение структуры и свойств атомных ядер, процессов радиоактивного распада и механизма ядерных реакций. ¶



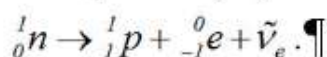
### Основные понятия и определения



Протон  $p$  — положительно заряженная элементарная частица, заряд которой по абсолютной величине равен заряду электрона  $e = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$  Кл, а масса покоя  $m_p = 1,6726485 \cdot 10^{-27}$  кг  $\approx 1836 m_e$  (где  $m_e = 9,109534 \cdot 10^{-31}$  кг — масса покоя электрона). Является ядром атома водорода. Протон — стабильная частица, время жизни которой более  $10^{31}$  лет. Распад протона, происходит по схеме: ¶



Нейтрон  $n$  — нейтральная элементарная частица, масса покоя которой  $m_n = 1,6749543 \cdot 10^{-27}$  кг  $\approx 1839 m_e$ . Нейтрон в свободном состоянии нестабилен, время его жизни составляет около 15 мин, затем он самопроизвольно распадается, превращаясь в протон  ${}^1_1p$ , испуская при этом электрон  ${}^0_{-1}e$  и электронное антинейтрино  $\tilde{\nu}_e$ : ¶



Нуклон — частица ядра, двумя различными состояниями которой являются протон и нейтрон, или общее название нейтрона и протона, находящихся в ядре. Нуклоны имеют полуцелый спин. Ядра с чётным числом нуклонов имеют целый спин, а с нечётным — полуцелый. ¶

Зарядовое число (атомный номер)  $Z$  — число протонов в ядре, совпадающее с атомным номером  $Z$  соответствующего химического элемента в таблице Менделеева. Заряд ядра равен  $Z e$ . ¶

Массовое число  $A$  — число нуклонов в ядре, то есть сумма числа  $Z$  протонов и числа  $N$  нейтронов в ядре: ¶

$$A = Z + N. ¶$$

Символ химического элемента  ${}_Z^A X$  — обозначение химического элемента. Например,  ${}_2^4\text{He}$ ,  ${}_{92}^{238}\text{U}$  и т. д. ¶

Изотопы — атомы, содержащие ядра с одинаковым числом  $Z$  протонов и различными числами  $N$  нейтронов (например:  ${}_{8}^{16}\text{O}$ ,  ${}_{8}^{17}\text{O}$ ,  ${}_{8}^{18}\text{O}$ , или  ${}_1^1\text{H}$ ,  ${}_1^2\text{H}$ ,  ${}_1^3\text{H}$ ). ¶

¶  
Энергия связи атомного ядра ¶

¶

Энергия связи  $\Delta W_{св}$  атомного ядра — физическая величина, определяемая разностью (отрицательной по знаку) между энергией нуклонов в ядре (связанных друг с другом) и их энергией в свободном состоянии (вне ядра, отдельно).

друг от друга). Энергия связи  $\Delta W_{св}$  равна работе, совершаемой при расщеплении ядра на нуклоны, и пропорциональна числу нуклонов в ядре. ¶

- 1)  $\Delta W_{св} > 0$  — ядро стабильно, для его расщепления необходима энергия извне. ¶
- 2)  $\Delta W_{св} < 0$  — ядро нестабильно, оно распадается само (спонтанно). ¶

### Радиоактивные превращения

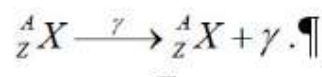
1)  $\alpha$ -распад: в радиоактивном ядре образуется  $\alpha$ -частица, обладающая волновыми свойствами, благодаря которым с помощью туннельного эффекта она покидает ядро (со скоростью от  $\approx 14 \cdot 10^6$  до  $\approx 20 \cdot 10^6 \frac{M}{c}$ ). ¶



2)  $\beta$ -распад: в радиоактивном ядре один из нейтронов  ${}^1_0 n$  превращается в протон  ${}^1_1 p$  с одновременным образованием электрона  ${}^0_{-1} e$  и электронного антинейтрино, которые покидают ядро. ¶



3)  $\gamma$ -излучение: при переходе из возбуждённого в нормальное (основное), или менее возбуждённое состояние. Образовавшееся из материнского дочернее ядро испускает  $\gamma$ -фотон за время  $10^{-13} \dots 10^{-14} c$ . Как правило,  $\gamma$ -излучение сопровождает  $\alpha$ - и  $\beta$ -распады. ¶



## Закон радиоактивного полураспада

Введём обозначения:

$t$  — время распада ядер радиоактивного вещества;  $[t] = c$ ;

$N_0$  — первоначальное число радиоактивных ядер на начало отсчёта времени (на начальный момент времени  $t = 0$ );

$N$  — число нераспавшихся радиоактивных ядер на момент времени  $t$  (на конечный момент времени);

$T$  — период полураспада — промежуток времени, за который количество ядер  $N_0$  радиоактивного вещества уменьшается (превратившись в другие) вдвое —  $\frac{1}{2}N_0$ ;

$[T] = c$ ;

Распад всех радиоактивных веществ происходит по экспоненциальному закону (рис. 4). Количество нераспавшихся ядер при естественном радиоактивном распаде экспоненциально уменьшается с течением времени.

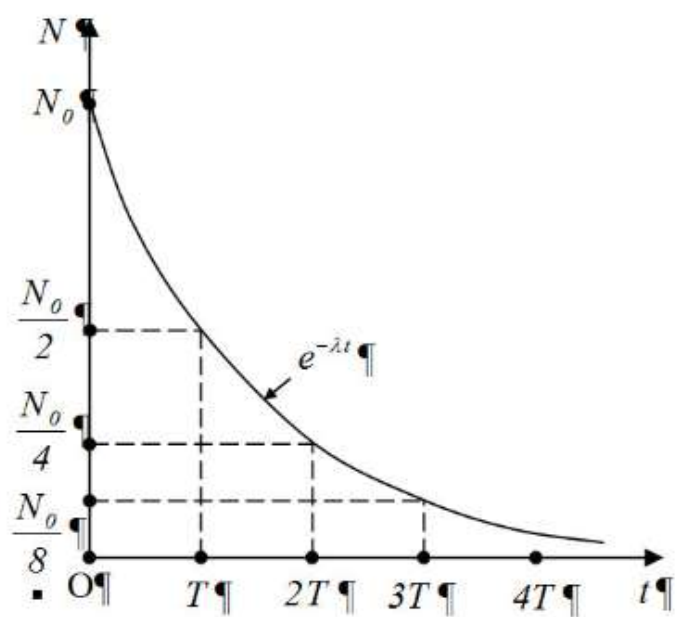


Рис. 4

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

Аналогично:  $\blacktriangleright$

$$m = m_0 2^{-\frac{t}{T}} \quad \blacktriangleright$$

Где:  $m_0$  — первоначальная масса радиоактивных ядер на начало отсчёта времени (на начальный момент времени  $t = 0$ );  $\blacktriangleright$

$m$  — масса нераспавшихся радиоактивных ядер на момент времени  $t$  (на конечный момент времени).  $\blacktriangleright$

$\blacktriangleright$