

### §34. Естественная радиоактивность. $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -излучение

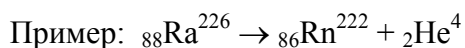
Естественной радиоактивностью называется самопроизвольное превращение одних атомных ядер в другие, которое сопровождается испусканием определенных частиц ( $\alpha$ - и  $\beta$ -лучи, нейтрино) и электромагнитного излучения ( $\gamma$ -лучи). Естественная радиоактивность была открыта французским физиком Беккерелем в 1896 году. В XX веке были исследованы  $\alpha$ - и  $\beta$ -распады: испускание  $\alpha$ -частиц (ядер гелия  ${}^4_2\text{He}$ ) и  $\beta$ -частиц – быстрых электронов (движущихся со скоростями, сопоставимыми со скоростью света). Распадающееся ядро принято называть материнским, а получившееся ядро – дочерним.



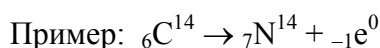
А. Беккерель  
(1852–1908)

Правила смещения при радиоактивном распаде (следствие законов сохранения электрического заряда и массового числа):

- $\alpha$ -распад: дочернее ядро (Y) по отношению к материнскому (X) смещается на 2 номера назад в таблице Менделеева:  ${}_Z X^A \rightarrow {}_{Z-2} Y^{A-4} + {}_2\text{He}^4$ .



- $\beta$ -распад: дочернее ядро (Y) по отношению к материнскому (X) смещается на 1 номер вперед в таблице Менделеева:  ${}_Z X^A \rightarrow {}_{Z+1} Y^A + {}_{-1}e^0$ .



$\alpha$ - и  $\beta$ -распады сопровождаются  $\gamma$ -излучением – высокочастотным электромагнитным излучением с длиной волны  $10^{-11} - 10^{-8}$  см. Происхождение этого излучения качественно можно объяснить тем, что материнское ядро, испуская частицу, превращается в дочернее ядро в возбужденном состоянии. Возбужденное состояние является энергетически невыгодным (неустойчивым); переходя в менее возбужденное состояние, дочернее ядро испускает  $\gamma$ -квант (аналогично атом в возбужденном состоянии испускает фотон оптического или рентгеновского диапазона).

Большое значение имело объяснение  $\beta$ -распада. Если ядро испускает электроны, логично предположить их существование в ядре. Однако известно, что электроны не входят в состав ядра. Как разрешить эту проблему? Оказалось, что нейтрон в ядре может превратиться в протон с испусканием электрона и еще одной частицы – электронного антинейтрино:  ${}_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + {}_{-1}e^0 + {}_0\tilde{\nu}_e^0$ . Впоследствии было доказано, что свободный нейтрон (а не только связанный в ядре) является  $\beta$ -радиоактивным. Свободный протон – стабильная частица, а вот протон в ядре является радиоактивным:  ${}_1p^1 \rightarrow {}_0n^1 + {}_{+1}e^0 + {}_0\nu_e^0$  (протон превращается в нейтрон, позитрон, электронное нейтрино). Масса покоя протона меньше, чем масса покоя нейтрона? и такая реакция не может идти со свободным протоном. Когда протон связан с другими частицами в ядре, недостающая энергия заимствуется у них.

В настоящее время известно четыре радиоактивных ряда (или семейства), которые представлены в таблице. Дополните таблицу (определите количество  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов для рядов актиноурана, тория и нептуния).

| № | Название  | Исходный и конечный элементы ряда  | Количество $\alpha$ и $\beta$ -распадов в ряду |
|---|-----------|--|--|
| 1 | Ряд урана | ${}_{92}\text{U}^{238} \rightarrow \dots \rightarrow {}_{82}\text{Pb}^{206}$ | 8 $\alpha$ -распадов, 6 $\beta$ -распадов      |

|   |                 |   |   |
|---|-----------------|---|---|
| 2 | Ряд актиноурана | ${}_{92}\text{U}^{235} \rightarrow \dots \rightarrow {}_{82}\text{Pb}^{207}$  | ... $\alpha$ -распадов, ... $\beta$ -распадов |
| 3 | Ряд тория:      | ${}_{90}\text{Th}^{232} \rightarrow \dots \rightarrow {}_{82}\text{Pb}^{208}$ | ... $\alpha$ -распадов, ... $\beta$ -распадов |
| 4 | Ряд нептуния:   | ${}_{93}\text{Np}^{237} \rightarrow \dots \rightarrow {}_{83}\text{Bi}^{209}$ | ... $\alpha$ -распадов, ... $\beta$ -распадов |

Хотя невозможно сказать, какой член ряда испытает  $\alpha$ - или  $\beta$ -распад, но можно точно предсказать, сколько и каких распадов должно произойти, чтобы осуществилась цепочка превращений. Покажем это на примере ряда урана. Действительно, массовое число меняется только при  $\alpha$ -распаде, следовательно, произошло  $(238 - 206) : 4 = 8$   $\alpha$ -распадов. В результате этих распадов зарядовое число станет равным:  $92 - 2 \cdot 8 = 76$ . Чтобы получился  ${}_{82}\text{Pb}$ , необходимо  $82 - 76 = 6$   $\beta$ -распадов.