

### 13. СТРОЕНИЕ АТОМНЫХ ЯДЕР

Ядро обозначается тем же символом, что и нейтральный атом  ${}^A_ZX$ , где  $X$  – символ химического элемента;  $Z$  – зарядовое число (атомный номер);  $A$  – массовое число (число нуклонов в ядре). Радиус ядра

$$R = R_0 A^{1/3},$$

где  $R_0$  – коэффициент пропорциональности, который можно считать для всех ядер постоянным,  $R_0 = 1,4 \cdot 10^{-15}$  м. Число нейтронов в ядре  $N = A - Z$ .

**Пример 1.** Определить плотность ядерного вещества в ядре с массовым числом  $A$ .

**Решение.** Плотность выражается числом нуклонов в  $1 \text{ см}^3$ :  $N = A/V$ , где объем ядра  $V = 4\pi R^3/3$ . Радиус связан с массовым числом соотношением  $R = R_0 A^{1/3}$ . Тогда

$$N = \frac{A}{4\pi R_0^3/3} = \frac{3}{4\pi R_0^3} \cdot A^2.$$

Подставляя числовые данные, получим  $N = 8,7 \cdot 10^{37} \text{ см}^{-3}$ .

**Пример 2.** Ядро нептуния  ${}^{234}_{93}\text{Np}$  захватило электрон из  $K$ -оболочки атома ( $K$ -захват) и испустило  $\alpha$ -частицу. Ядро какого элемента получилось?

**Решение.** При  $K$ -захвате ядро захватывает электрон из ближайшей к ядру электронной оболочки ( $K$ -оболочки) атома. В результате этого протон в ядре превращается в нейтрон (одновременно из ядра выбрасывается нейтрино, однако для решения данной задачи это не существенно). Общее число нуклонов в ядре не изменяется, а зарядовое число уменьшится на единицу. Поэтому промежуточное ядро будет иметь зарядовое число  $93 - 1 = 92$ ; массовое число остается прежним и равным 234. По таблице Менделеева промежуточным ядром является изотоп урана  ${}^{234}_{92}\text{U}$ . Промежуточное ядро испустило  $\alpha$ -частицу. Так как  $\alpha$ -частица содержит два протона и два нейтрона, то промежуточное ядро при акте испускания  $\alpha$ -частицы уменьшит зарядовое число на две единицы и массовое число на четыре единицы. Таким образом, конечное ядро будет иметь  $Z = 90$  и  $A = 230$ , что соответствует изотопу тория  ${}^{230}_{90}\text{Th}$ .

#### Задачи.

1. Какую часть массы нейтрального атома плутония составляет масса его электронной оболочки?

2. Укажите сколько нуклонов, протонов и нейтронов содержат следующие ядра:  ${}^3_2\text{He}$ ;  ${}^{10}_5\text{B}$ ;  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ ;  ${}^{54}_{26}\text{Fe}$ ;  ${}^{104}_{47}\text{Ag}$ ;  ${}^{238}_{92}\text{U}$ .

3. Найти число протонов и нейтронов, входящих в состав ядер трех изотопов магния:  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ ;  ${}^{25}_{12}\text{Mg}$ ;  ${}^{26}_{12}\text{Mg}$ .

4. Определить атомные номера, массовые числа и химические символы зеркальных ядер, которые получаются, если в ядрах  ${}^7_4\text{Be}$ ,  ${}^3_2\text{He}$  и  ${}^{15}_8\text{O}$  протоны заменить нейтронами, а нейтроны – протонами. Привести символическую запись получившихся ядер.

5. Определить диаметры ядер  ${}^8_3\text{Li}$ ,  ${}^{27}_{13}\text{Al}$ ,  ${}^{64}_{29}\text{Cu}$ ,  ${}^{125}_{50}\text{Sn}$ .

6. Во сколько раз объем ядра изотопа плутония  ${}^{243}_{94}\text{Pu}$  больше объема ядра изотопа бериллия  ${}^9_4\text{Be}$ ?

7. Во сколько раз радиус ядра бора  ${}^8_5\text{B}$  меньше радиуса ядра никеля  ${}^{64}_{28}\text{Ni}$ ?

8. Оценить, какую часть от объема кобальта составляет объем его ядра. Плотность кобальта  $4,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

9. Определить концентрацию нуклонов в ядре.

10. Используя соотношение  $Z = A/2$ , которое справедливо для многих легких ядер, найти среднюю объемную плотность заряда ядра.

11. Ядро радия  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  выбросило  $\alpha$ -частицу. Найти массовое число  $A$  и зарядовое число  $Z$  вновь образовавшегося ядра.
12. Ядро азота  ${}^{14}_7\text{N}$  захватило  $\alpha$ -частицу и испустило протон. Найти массовое число  $A$  и зарядовое число  $Z$  вновь образовавшегося ядра.
13. Ядро цинка  ${}^{65}_{30}\text{Zn}$  захватило электрон из  $K$ -оболочки атома ( $K$ -захват). Найти массовое число  $A$  и зарядовое число  $Z$  вновь образовавшегося ядра.
14. Ядро  ${}^7_4\text{Be}$  захватило электрон с  $K$ -оболочки атома. Какое ядро образовалось в результате  $K$ -захвата?
15. Ядро изотопа кобальта  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  выбросило отрицательно заряженную  $\beta$ -частицу. В какое ядро превратилось ядро кобальта?
16. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц выбрасывается при превращении ядра урана  ${}^{233}_{92}\text{U}$  в ядро висмута  ${}^{209}_{83}\text{Bi}$  ?
17. Вследствие радиоактивного распада  ${}^{238}_{92}\text{U}$  превращается в  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ . Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений он при этом испытывает?
18. В какое ядро превратилось ядро изотопа фосфора  ${}^{30}_{15}\text{P}$ , выбросив положительно заряженную бета-частицу?
19. Определить порядковый номер и массовое число изотопа, который получится из тория  ${}^{232}_{90}\text{Th}$  после трех  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -превращений.
20. В ядре изотопа углерода  ${}^{14}_6\text{C}$  один из нейтронов превратился в протон ( $\beta$ -распад). Какое ядро получилось в результате такого превращения?
21. Два ядра гелия  ${}^4_2\text{He}$  слились в одно ядро, и при этом был выброшен протон. Ядро какого элемента образовалось в результате такого превращения?
22. В ядре атома изотопа кремния  ${}^{27}_{14}\text{Si}$  один из протонов превратился в нейтрон ( $\beta^+$ -распад). Какое ядро получилось в результате такого превращения?
23. Ядро цинка  ${}^{62}_{30}\text{Zn}$  захватило электрон из  $K$ -оболочки атома ( $K$ -захват) и спустя некоторое время испустило позитрон. Какое ядро получилось в результате таких превращений?
24. Ядро плутония  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$  испытало шесть последовательных  $\alpha$ -распадов. Написать цепочку ядерных превращений с указанием химических символов, массовых и зарядовых чисел промежуточных ядер и конечного ядра.
25. В результате нескольких  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов радиоактивный атом  ${}^{232}_{90}\text{Th}$  превратился в атом  ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ . Сколько произошло  $\alpha$ -распадов?  $\beta$ -распадов?