

20.4. Закон радиоактивного распада

20.4.1. Сколько атомов полония распадется за время $\Delta t = 1$ сут? В начальный момент времени число атомов полония $N_0 = 10^6$.

20.4.2. Сколько атомов радона распадется за время $\Delta t = 1$ сут? Начальное число атомов радона $N_0 = 10^6$.

20.4.3. Некоторый радиоактивный изотоп имеет период полураспада T . Какая часть ядер распалась за время $t = 3T$?

20.4.4. Определите период полураспада изотопа, если известно, что за время $t = 100$ ч после начала распада осталось $k = \frac{2}{3}$ первоначального количества вещества.

20.4.5. За один год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в 3 раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?

20.4.6. При распаде полоний ${}^{210}_{84}\text{Po}$ превращается в стабильный свинец ${}^{207}_{82}\text{Pb}$. Какая масса свинца образуется в $m = 1$ мг полония за время $t = 70$ сут в результате распада?

20.4.7. Радиоактивный натрий ${}^{24}_{11}\text{Na}$ распадается, испуская β -частицу. Вычислите количество атомов, распавшихся в $m = 1$ мг данного радиоактивного элемента за время $\Delta t = 1,4$ ч. Чему равен суммарный заряд испущенных при этом распаде β -частиц?

• **20.4.8.** Свинец, содержащийся в урановой руде, является конечным продуктом распада уранового ряда, поэтому из отношения массы урана в руде к массе свинца в ней можно определить возраст руды. Найдите возраст t урановой руды, если известно, что на массу $m_{\text{ур}} = 1$ кг урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ в этой руде приходится масса $m_{\text{св}} = 320$ г свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$.

• **20.4.9.** В ампулу помещен радий массой $m_1 = 2$ г. Какая масса радона накопится в этой ампуле по истечении времени $t = \frac{T_1}{2}$, где T_1 — период полураспада радона.

20.4.10. В результате распада полония массой $m = 2$ г в течение времени $t = 1$ год образовался гелий, который при нормальных условиях занимает объем $V = 86$ см³. Исходя из этих данных, найдите постоянную Авогадро.

20.4.11. Найдите постоянную распада для: а) радона ${}^{222}\text{Rn}$; б) углерода ${}^{14}\text{C}$.

20.4.12. Некоторый радиоактивный изотоп имеет постоянную распада $\lambda = 4 \cdot 10^{-7}$ с⁻¹. В течение какого времени распадется $\eta = 75\%$ первоначальной массы атомов?

20.4.13. Найдите среднее время жизни: а) натрия ${}^{24}\text{Na}$; б) тория ${}^{232}\text{Th}$.

• **20.4.14.** Сколько процентов от начального количества радиоактивного химического элемента распадется в течение времени, равного среднему времени жизни этого элемента?

• **20.4.15.** Активность изотопа углерода ${}^{14}_6\text{C}$ в древних деревянных предметах составляет $\frac{4}{5}$ активности этого изотопа в свежесрубленных деревьях. Определите возраст древних предметов.

Ответы:

20.4.1. $N = \frac{\ln 2}{T} \cdot N_0 \Delta t = 5025$ атомов.

20.4.2. $\Delta N = N_0 \left(1 - 2^{-\Delta t/T} \right) = 1,6 \cdot 10^5$ атомов.

20.4.3. $\eta = 1 - 2^{-\frac{t}{T}} = 0,875$.

20.4.4. $T = \frac{t \lg 2}{\lg 3 - \lg 2} = 171$ ч.

20.4.5. В 9 раз.

20.4.6.

$m_1 = m \frac{207}{210} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) \approx 2,9 \cdot 10^{-7}$ кг.

20.4.7. $N = \frac{m}{M} N_A \left(1 - 2^{-t/T} \right) = 7,3 \cdot 10^{18}$ атомов; $q = eN \approx 1,17$ Кл.

20.4.10. $N_A = \frac{M p V}{k T_0 m (1 - 2^{-t/T})} = 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, где M — молярная масса, T_0 — термодинамическая температура.

20.4.11. $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$; а) $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6}$ с⁻¹; б) $\lambda = 1,5 \cdot 10^{-18}$ с⁻¹ (здесь λ — постоянная распада).

20.4.12. $t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{1}{1 - \eta} \right) = 40,1$ с.

20.4.13. $\tau = \frac{T}{\ln 2}$; а) $\tau = 21,36$ ч; б) $\tau = 2,02 \cdot 10^{10}$ лет.