

20.2. Дефект массы. Энергия связи

20.2.1. Докажите эквивалентность формул для вычисления дефекта массы:

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}} \text{ и } \Delta m = ZM_{\text{H}} + (A - Z)m_n - M_{\text{а}},$$

где $m_{\text{я}}$ — масса ядра, $M_{\text{а}}$ — масса атома.

20.2.2. Найдите дефект массы в атомных единицах массы и килограммах для ядра лития ${}^7_3\text{Li}$.

20.2.3. Найдите дефект массы и энергию связи для ядра дейтерия ${}^2_1\text{H}$.

20.2.4. Вычислите энергию, необходимую для разделения α -частицы на протоны и нейтроны. Масса α -частицы $m_{\alpha} = 6,644 \cdot 10^{-27}$ кг.

20.2.5. Определите энергию, которая может выделиться при образовании из протонов и нейтронов гелия ${}^4_2\text{He}$ массой $m = 1$ г.

20.2.6. Энергия связи ядра, состоящего из двух протонов и одного нейтрона, $E = 7,72$ МэВ. Определите массу нейтрального атома, имеющего это ядро.

• **20.2.7.** Найдите энергию связи ядер трития ${}^3_1\text{H}$ и гелия ${}^4_2\text{He}$. Какое из этих ядер более устойчиво?

20.2.8. Энергия связи ядра кислорода ${}^{18}_8\text{O}$ равна $E_1 = 139,8$ МэВ, ядра фтора ${}^{19}_9\text{F}$ — $E_2 = 147,8$ МэВ. Определите минимальную энергию, необходимую для отрыва одного протона от ядра фтора.

20.2.9. Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы «оторвать» один нейтрон от ядра азота ${}^{14}_7\text{N}$?

20.2.10. Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить ядро гелия ${}^4_2\text{He}$ на две одинаковые части?

20.2.11. Найдите энергию, необходимую для разделения ядра атома кислорода ${}^{16}_8\text{O}$ на α -частицу и ядро углерода ${}^{12}_6\text{C}$, если известно, что энергия связи ядра кислорода $E_1 = 127,62$ МэВ, ядра углерода $E_2 = 92,16$ МэВ, α -частицы $E_3 = 28,30$ МэВ.

20.2.12. Найдите энергию связи ϵ , приходящуюся на один нуклон в ядрах: а) ${}^7_3\text{Li}$; б) ${}^{14}_7\text{N}$; в) ${}^{27}_{13}\text{Al}$; г) ${}^{40}_{20}\text{Ca}$; д) ${}^{63}_{29}\text{Cu}$; е) ${}^{113}_{48}\text{Cd}$; ж) ${}^{200}_{80}\text{Hg}$; з) ${}^{238}_{92}\text{U}$. Постройте зависимость $\epsilon = f(A)$, где A — массовое число.

20.2.13. Энергия связи атомного ядра, состоящего из трех протонов и двух нейтронов, $E_{\text{св}} = 26,3$ МэВ. Определите удельную энергию связи и массу ядра.

Ответы:

20.2.2. $\Delta m = 0,042131$ а.е.м. = $= 6,99 \cdot 10^{-29}$ кг.

20.2.3. $\Delta m = m_{{}_1^1\text{H}} + m_n - m_{{}_2^2\text{H}} = 0,0024$ а.е.м.; $E_{\text{св}} = \Delta mc^2 \approx 2,24$ МэВ.

20.2.4. $E = c^2(2m_p + 2m_n - m_{\alpha}) = 4,54 \cdot 10^{-12}$ Дж.

20.2.5. $E = \frac{m}{M} N_A c^2(2m_p + 2m_n - m_{\text{He}}) = 6,8 \cdot 10^{11}$ Дж.

20.2.6. $m = 3,01604$ а.е.м.

20.2.8. $E = E_2 - E_1 = 8,0$ МэВ.

20.2.9. $E = c^2(m_{{}_7^{13}\text{N}} + 3m_n - m_{{}_7^{14}\text{N}}) \approx 10,56$ МэВ.

20.2.10. $E = 23,8$ МэВ.

20.2.11. $E = E_1 - E_2 - E_3 = 7,16$ МэВ.

20.2.13. $\epsilon = \frac{E_{\text{св}}}{5} = 8,42 \cdot 10^{-19}$ Дж;

$M = 3m_p + 2m_n - \frac{E_{\text{св}}}{931,5} = 8,37 \cdot 10^{-27}$ кг.