

Есеп шығару нұсқаулығы:

1. ${}^6_3\text{Li}$ изотопын ${}^2_1\text{H}$ дейтрондармен атқылаған кезде ($m_{{}^2_1\text{H}} = 3,3446 \cdot 10^{-27}$ кг) екі α -бөлшек пайда болады ${}^4_2\text{He}$ ($m_{{}^4_2\text{He}} = 3,3446 \cdot 10^{-27}$ кг) және $\Delta E = 22,3$ МэВ энергия бөлінеді. Литий изотопының массасын табыңыз.

Берілгені: ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He} + \Delta E$;

$\Delta E = 22,3$ МэВ $= 35,68 \cdot 10^{-13}$ Дж;

$m_{{}^4_2\text{He}} = 6,6467 \cdot 10^{-27}$ кг, $m_{{}^2_1\text{H}} = 3,3446 \cdot 10^{-27}$ кг .

Табу керек: m_{Li}

Шешімі: Ядро массасының ақауы

$$\Delta m = (m_{{}^6_3\text{Li}} + m_{{}^2_1\text{H}}) - 2m_{{}^4_2\text{He}} \quad (1)$$

Массалық ақауды мына теңдеумен де анықтауға болады: $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$ (2)

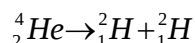
мұндағы c – вакуумдағы жарық жылдамдығы. (1) және (2) теңдеулерден литий изотопының массасын төмендегідей табуға болады:

$$m_{{}^6_3\text{Li}} = \frac{\Delta E}{c^2} + 2m_{{}^4_2\text{He}} - m_{{}^2_1\text{H}}$$
$$m_{{}^6_3\text{Li}} = \frac{35,68 \cdot 10^{-13}}{(3 \cdot 10^8)^2} + 2 \cdot 6,6467 \cdot 10^{-27} - 3,3446 \cdot 10^{-27} = 9,9884 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

2. ${}^4_2\text{He}$ ядросын бірдей екі бөлікке бөлу үшін қандай энергия жұмсау қажет?

Шешімі:

Есептің шартына байланысты, гелий ядросын бірдей екі бөлікке бөлу керек:



мұны іске асыру үшін гелий ядросындағы дейтерий ядроларының байланысын үзу керек, яғни, бұлардың байланыс энергиясына тең энергия жұмсалуды қажет.

Байланыс энергиясының теңдеуі осы жағдайда мына түрде болады:

$$E_{\text{с}} = c^2 \Delta m = c^2 (2m_1 - m_0),$$

мұндағы m_1 - ${}^2_1\text{H}$ дейтерий ядросының массасы, m_0 - ${}^4_2\text{He}$ гелий ядросының массасы. Эйнштейн формуласындағы жарық жылдамдығы мәнін жүйелерден тыс бірлікте бойынша алатын болсақ, $c^2 = 931,42$ МэВ/м.а.б. Дейтерий $m_1 = 2,014$ м.а.б. және гелий $m_0 = 4,003$ м.а.б. үшін кестелік мәндерді пайдалануға болады. Барлық мәндерді қойғаннан кейін байланыс энергиясын табуға болады:

$$E_{\text{с}} = c^2 (2m_1 - m_0) = 931,42 (2 \cdot 2,014 - 4,003) = 23,28 \text{ МэВ}$$

1. Атомдық ядролардағы заттың тығыздығын бағалаңыз.

Шешімі: Массалық саны A ядроның радиусы мына формуламен анықталады:

$$R = 1,3A^{1/3}\Phi \quad (1)$$

мұндағы Φ – ферми – ядролық физикада қолданылатын ұзындық бірлігі, ол бір фемтометрге тең ($1 \text{ фм} = 10^{-15} \text{ м}$). Осы формуланы ескеріп ядроның көлемін табамыз:

$$V_{\text{я}} = \frac{4}{3}\pi R^3 = 9,20 \cdot 10^{-45} \text{ м}^3$$

Егер протон мен нейтронның массаларындағы айырмашылықты елемесе, онда ядро массасын мына формуламен анықтауға болады:

$$m_{\text{я}} = Am_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Демек, атомдық ядролардағы заттың орташа тығыздығы

$$\rho_{\text{я}} = \frac{m_{\text{я}}}{V_{\text{я}}} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27}}{9,20 \cdot 10^{-45}} = 1,8 \cdot 10^{17} \text{ кг} / \text{м}^3$$

2. Нуклонның массасы $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. 1) Ядролық материяның тығыздығын табыңыз; 2) егер Жер өзінің нақты массасымен ($5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$) ядролық материяның тығыздығындай тығыздыққа ие болса, онда Жердің радиусы қандай болар еді?

Берілгені: $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$; $m_{\text{Н}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Шешімі: 1) Атомдық ядроны сфера пішінді деп есептеп, ядролық материяның тығыздығын мына формуламен анықтауға болады:

$$\rho = \frac{m_{\text{Н}} A}{\frac{4}{3}\pi R^3} \quad (1)$$

мұндағы $m_{\text{Н}}$ – нуклонның массасы; A – массалық саны; $R = R_0 A^{1/3}$ – ядроның радиусы (есептеу үшін $R_0 = 1,3 \text{ фм} = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ м}$). Ядроның радиусы үшін өрнекті (1) формулаға қойып, ядролық материяның тығыздығын табамыз:

$$\rho = \frac{3m_{\text{Н}}}{4\pi R_0^3} \quad (2)$$

$$\rho = \frac{31.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}}{43.14 \cdot (1.3 \cdot 10^{-15})^3} = 1.82 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3$$

2) Жердің массасы

$$M = \frac{4}{3} \pi \rho R^3 \quad (3)$$

мұндағы ρ – оның тығыздығы (есептің шарты бойынша ол ядролық материяның тығыздығына тең); R_1 – Жердің радиусы.

Жердің радиусы осы берілген шарттар және (3) формула бойынша мынаған тең болады:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi\rho}} \quad (4)$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{35.98 \cdot 10^{24}}{43.14 \cdot 1.82 \cdot 10^{17}}} = 199 \text{ м}$$

Жауабы: $\rho = 1.82 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3$; $R = 199 \text{ м}$.

7. Атомдық ядро- толқын ұзындығы $\lambda=0.47\text{пм}$ болатын γ –фотонды жұтып, қозған күйге өтеді де жеке нуклондарға бөлініп әр жаққа ұшып кетеді. Нуклондардың қорытқы кинетикалық энергиясы $K = 0,4 \text{ МэВ}$. Ядроның E_0 байланыс энергиясын анықтаңыз.

Шешімі.

Есеп шартына байланысты сақталу заңын жазамыз:

$$m_{\gamma}c^2 + E_{\phi} = c^2 \sum m_i + K ,$$

мұндағы m_{γ} – фотонды жұтпай тұрған кездегі ядроның массасы, E_{ϕ} –фотон энергиясы, $\sum m_i$ –фотонды жұтқаннан кейінгі ыдыраған ядроның нуклондарының массаларының қосындысы. Байланыс энергиясының мына теңдеу арқылы табылатынын ескере отырып,

$$E_0 = c^2 (\sum m_i - m_{\gamma}) = c^2 \Delta m ,$$

жазамыз:

$$E_0 = h\nu - K ,$$

мұндағы фотон энергиясы: $E_{\phi} = h\nu$. Есептеу кезінде Планк тұрақтысы мәнін мына түрде алу ыңғайлы: $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Сонда $\nu = c/\lambda$ теңдеуін ескере отырып, фотон энергиясы үшін

$$E_{\phi} = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = 6,626 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{0,47 \cdot 10^{-12}} = 42,29 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$$

немесе $E_{\phi} = 26,4 \cdot 10^5 \approx 3 \text{ МэВ}$ болатынын табамыз. Сәйкесінше, байланыс энергиясы үшін

$$E_{\phi} = h \frac{c}{\lambda} - T = 42,29 \cdot 10^{-14} - 0,4 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 35,9 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$$

$$E_{\phi} \approx 36 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} \approx 2,3 \text{ МэВ.}$$