

Энергия связи.
Дефект масс.

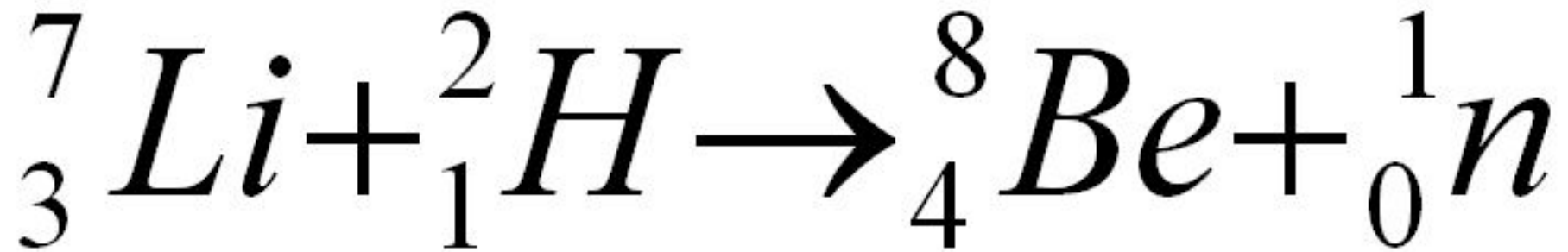


Li литий 3 6,939	Be бериллий 4 9,0122	5 10,811	B бор 6 12,01115	C углерод 7 14,0067	8 14,0067
Na натрий 11 22,9898	Mg магний 12 24,305	13 26,9815	Al алюминий 14 28,086	Si кремний 15 30,9738	16 30,9738
K калий 19 39,102	Ca кальций 20 40,08	21 44,956	Ti титан 22 47,90	V ванадий 23 50,942	24 50,942
29 63,546	Cu медь 30 65,37	31 69,72	Ga галлий 32 72,59	Ge германий 33 74,9216	34 74,9216
Rb рубидий 37 85,47	Sr стронций 38 87,62	39 88,905	Zr цирконий 40 91,22	Nb ниобий 41 92,906	42 92,906
47 107,868	Ag серебро 48 112,40	49 114,82	In индий 50 118,69	Sn олово 51 121,75	52 121,75
Cs цезий 55 132,905	Ba барий 56 137,34	57 138,91	Hf гафний 58 178,49	Ta тантал 73 180,948	74 180,948

Домашнее задание

Параграф №65 и задача.

Выделяется или поглощается энергия при следующей ядерной реакции?

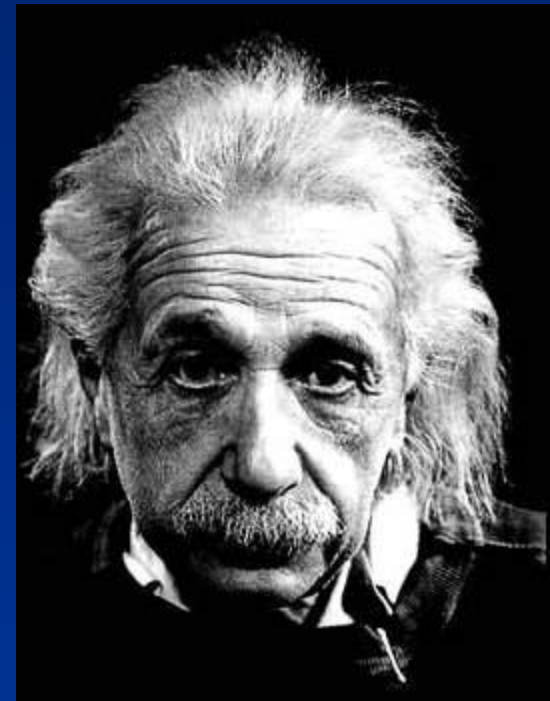
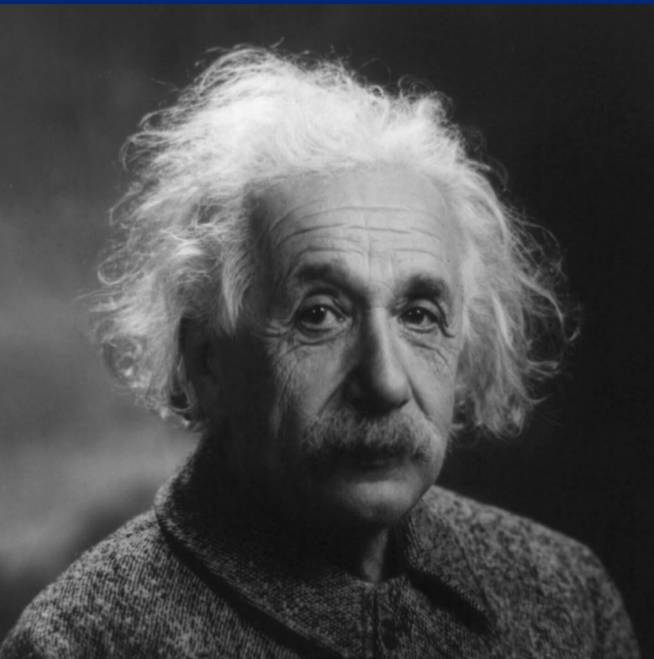


Масса ядра бериллия равна 8,00531

Минимальная энергия,
необходимая для расщепления
ядра на отдельные нуклоны,
называется энергией связи ядра.



Альберт Эйнштейн 1905 г



$$E_0 = mc^2$$

$$\Delta m = \frac{\Delta E_0}{c^2}$$

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

Недостаток массы ядра Δm по сравнению с суммарной массой составляющих его нуклонов можно записать так:

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_{\text{я}}, \quad (4)$$

где $M_{\text{я}}$ — масса ядра, Z и N — число протонов и нейтронов в ядре, а m_p и m_n — масса свободных протона и нейтрона.

Величина Δm в формуле (4) называется *дефектом масс*.

$$m_p = 1,0073 \text{ а. е. м.}$$

$$m_n = 1,0087 \text{ а. е. м.}$$

$$1 \text{ а. е. м.} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$



$$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - M_{\text{я}}$$

Δm - дефект массы ядра, разность между массой нуклонов ядра и массой целого ядра

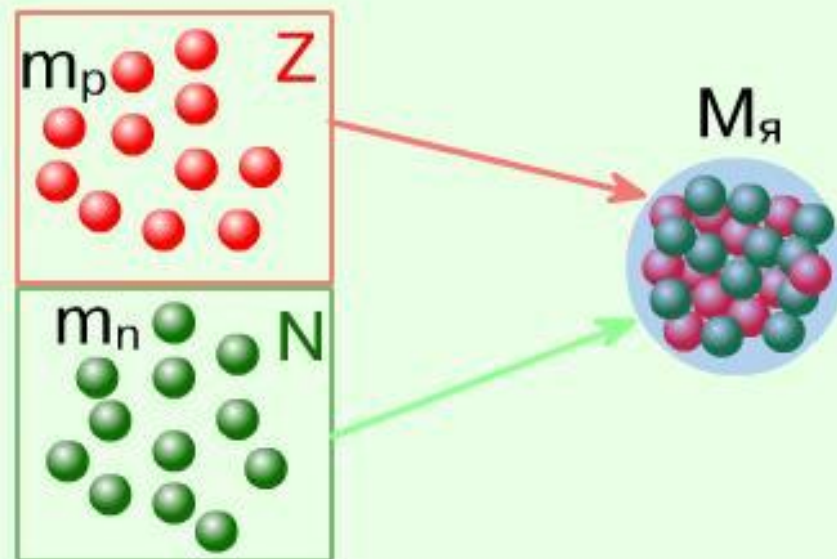
Z - количество протонов в ядре

m_p - масса протона

N - количество нейтронов в ядре

m_n - масса нейтрона

$M_{\text{я}}$ - масса целого ядра



Пользуясь формулой (3), рассчитаем, например, энергию связи ΔE_0 ядра атома дейтерия ${}^2_1\text{H}$ (тяжелого водорода), состоящего из одного протона и одного нейтрона. Другими словами, рассчитаем энергию, необходимую для расщепления ядра на протон и нейтрон.

Для этого определим сначала дефект масс Δm этого ядра, взяв приближенные значения масс нуклонов и массы ядра атома дейтерия из соответствующих таблиц. Согласно табличным данным масса протона приблизительно равна 1,0073 а. е. м., нейтрона — 1,0087 а. е. м., ядра дейтерия — 2,0141 а. е. м. Значит,

$$\begin{aligned}\Delta m &= (1,0073 \text{ а. е. м.} + 1,0087 \text{ а. е. м.}) - 2,0141 \text{ а. е. м.} = \\ &= 0,0019 \text{ а. е. м.}\end{aligned}$$

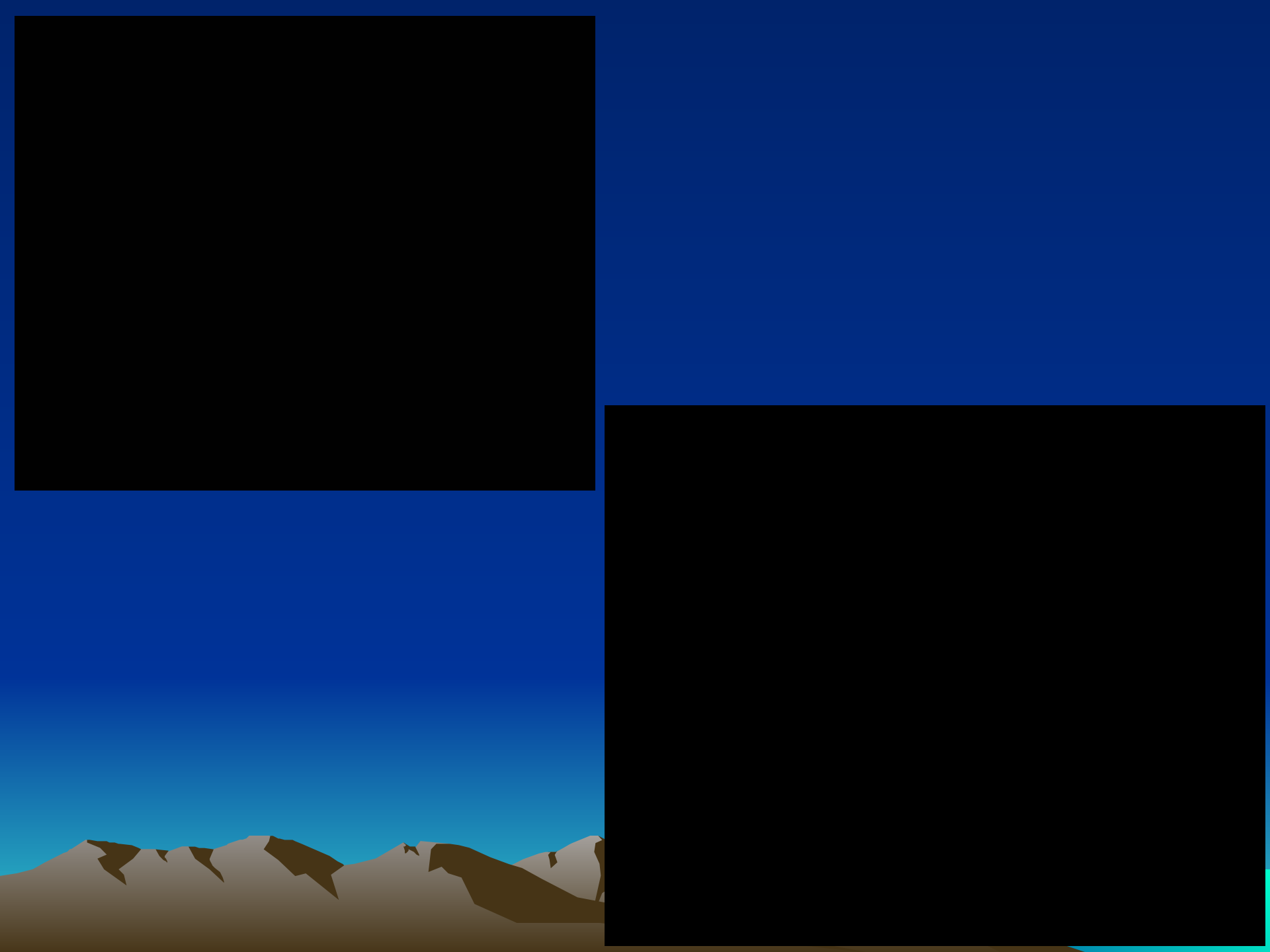
Если мы хотим получить энергию связи в джоулях, то дефект масс нужно выразить в килограммах. Учитывая, что 1 а. е. м. = $1,6605 \cdot 10^{-27}$ кг, получим:

$$\Delta m = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 0,0019 = 0,0032 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Подставив это значение дефекта масс в формулу (3), получим:

$$\begin{aligned} \Delta E_0 &= 0,0032 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \left(2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2 = 0,0288 \cdot 10^{-11} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} = \\ &= 0,0288 \cdot 10^{-11} \text{ Дж.} \end{aligned}$$

По формуле (3) можно рассчитывать энергию, выделяющуюся или поглощающуюся в процессе любых ядерных реакций, если известны массы взаимодействующих и образующихся в результате этого взаимодействия ядер и частиц.



1) Определите дефект масс (в а. е. м.) ядра атома лития. (Рымкевич табл. 13 стр. 167)

$M_{\text{Li}} = 6,01513$ а.е.м.;
 $m_{\text{H}} = 1,0073$ а.е.м.; $m_{\text{n}} = 1,0087$ а.е.м. В ядре атома лития содержится 3 протона и 3 нейтрона, следовательно,

$$\Delta m = (1,0073 \times 3 + 1,0087 \cdot 3) - 6,01513 = 0,0329 \text{ а.е.м.}$$

3) Выделяется или поглощается энергия в ядерной реакции



Чтобы ответить на вопрос задачи, нужно определить знак дефекта масс ΔM , возникающего при ядерной реакции. ΔM находим как разность суммы масс ядер и частиц до реакции $\Sigma M_{\text{до р.}}$ и суммы их масс после реакции $\Sigma M_{\text{после р.}}$, т.е. $\Delta M = \Sigma M_{\text{до р.}} - \Sigma M_{\text{после р.}}$. Если $\Delta M > 0$, то реакция сопровождается выделением энергии; если $\Delta M < 0$, то реакция происходит с поглощением

энергии. Пользуясь данными табл. 13, определяем $M_{7_3\text{Li}} = 7,0160$ а.е.м.; $M_{4_2\text{He}} = 4,0026$ а.е.м.; $M_{10_5\text{B}} = 10,0129$ а.е.м. и находим $\Delta M =$

$$\Delta M = (7,0160 + 4,0026) - (10,0129 + 1,0087) = -0,003 \text{ (а.е.м.)}$$
 Так как $\Delta M < 0$, реакция происходит с поглощением энергии.

2) Какова энергия связи ядра атома ${}^4_2\text{He}$?