

Ядерные реакции

Энергетический выход ядерной реакции — это разность Q кинетической энергии продуктов реакции и кинетической энергии исходных частиц. Если $Q > 0$, то реакция идёт с *выделением энергии*; если $Q < 0$, то реакция идёт с *поглощением энергии*.

Массы покоя протона, нейтрона и электрона:

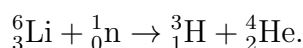
$$m_p = 1,00728 \text{ а. е. м.}, \quad m_n = 1,00867 \text{ а. е. м.}, \quad m_e = 0,00055 \text{ а. е. м.}$$

ЗАДАЧА 1. а) Какую минимальную работу (против действия ядерных сил) необходимо совершить, чтобы разбить ядро ${}^7_3\text{Li}$ на составляющие его нуклоны? Масса нейтрального атома данного изотопа лития равна 7,01601 а. е. м.

б) Вычислите энергию связи ядра ${}^{27}_{13}\text{Al}$. Масса атома алюминия равна 26,98146 а. е. м.

а) 39,2 МэВ; б) 225,1 МэВ

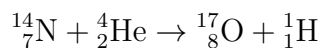
ЗАДАЧА 2. Найдите энергетический выход ядерной реакции



Массы атомов (в а. е. м.): 6,01513 (литий); 3,01605 (тритий); 4,00260 (гелий).

Выделяется энергия $Q = 4,8 \text{ МэВ}$

ЗАДАЧА 3. Ядерная реакция



идёт с поглощением энергии Q .

а) Вычислите величину Q , если массы атомов изотопов, участвующих в реакции, равны (в а. е. м.): 14,00307 (азот); 4,00260 (гелий); 16,99913 (кислород); 1,00783 (водород).

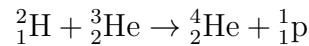
б) (*Порог реакции*) Какую минимальную кинетическую энергию T должна иметь α -частица, налетающая на неподвижное ядро азота, чтобы эта реакция могла идти?

а) $Q = 1,2 \text{ МэВ}$; б) $T = 1,5 \text{ МэВ}$

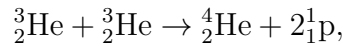
ЗАДАЧА 4. Какую минимальную кинетическую энергию должен иметь протон, чтобы разбить неподвижное ядро дейтерия на протон и нейтрон? Масса атома дейтерия равна 2,01410 а. е. м.

3,35 МэВ

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 1989) Термоядерная реакция



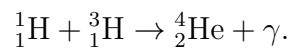
идёт с выделением энергии $E_1 = 18,4$ МэВ (кинетическая энергия образовавшихся частиц на величину E_1 больше кинетической энергии исходных). Какая энергия E_2 выделяется в реакции



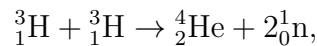
если дефект масс ядра ${}^3_2\text{He}$ на $\Delta m = 0,006$ а. е. м. больше, чем у ядра ${}^2_1\text{H}$? Одной атомной единице массы (а. е. м.) соответствует энергия 931,5 МэВ.

$$E_2 = E_1 - \Delta mc^2 \approx 12,8 \text{ МэВ}$$

ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 1989) При слиянии протона и ядра трития образуются α -частица и γ -квант:



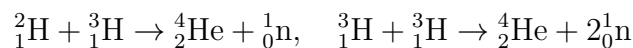
Дефект масс ядра ${}^4_2\text{He}$ составляет $\Delta m = 0,0304$ а. е. м. (одной а. е. м. — атомной единице массы — соответствует энергия 931,5 МэВ). Кинетическая энергия частиц, образующихся в реакции



на $Q = 11,3$ МэВ больше кинетической энергии исходных частиц. Определить, какую энергию уносит γ -квант в первой реакции, если кинетическими энергиями ядер ${}^1_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$ и ${}^4_2\text{He}$ в ней можно пренебречь.

$$E_\gamma \approx (\Delta mc^2 + Q) \frac{2}{3} \approx 19,8 \text{ МэВ}$$

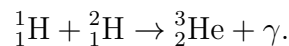
ЗАДАЧА 7. (МФТИ, 1989) В термоядерных реакциях



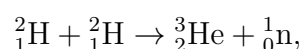
суммарная кинетическая энергия образовавшихся частиц больше суммарной кинетической энергии исходных частиц на величины $E_1 = 17,6$ МэВ и $E_2 = 11,3$ МэВ соответственно. Определить дефект масс ядра ${}^3_1\text{H}$, если у ядра ${}^2_1\text{H}$ он составляет 0,00239 а. е. м. Одной атомной единице массы (а. е. м.) соответствует энергия 931,5 МэВ.

$$\Delta m \approx 0,006 \text{ а. е. м.}$$

ЗАДАЧА 8. (МФТИ, 1989) При слиянии протона и ядра дейтерия образуются ядро ${}^3_2\text{He}$ и γ -квант:



Энергия кванта значительно больше кинетических энергий ядер ${}^3_2\text{He}$, ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ и равна 5,5 МэВ. Кинетическая энергия частиц, образующихся в реакции



на 3,3 МэВ больше кинетической энергии исходных частиц. Определить дефект масс ядра ${}^3_2\text{He}$. Дефект масс измеряется в атомных единицах массы (а. е. м.), одной а. е. м. соответствует энергия 931,5 МэВ.

$$\Delta m \approx 0,0083 \text{ а. е. м.}$$