

Ядерные реакции

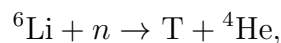
Задачи данного листка являются по сути механическими: для их решения достаточно законов сохранения импульса и энергии. В некоторых задачах понадобится понятие пороговой энергии, которое появилось в листке «[Рассеяние частиц](#)».

ЗАДАЧА 1. Ядерная реакция, в которой частица массы m налетает на неподвижную частицу-мишень массы M , может идти, если энергия налетающей частицы превышает пороговое значение T . Какая энергия поглощается в этой реакции?

$$\mathcal{J} \frac{m+M}{M} = \partial$$

[Овчинкин] → [4.98](#), [4.100](#), [4.101](#), [4.104](#), 4.105, 4.106, 4.107.

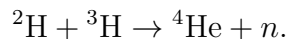
ЗАДАЧА 2. (*МФТИ, 1976*) При захвате нейтрона ядром лития происходит ядерная реакция



в которой выделяется энергия $Q = 4,8$ МэВ. Найти распределение энергии между продуктами реакции, считая кинетическую энергию исходных частиц пренебрежимо малой.

$$E_{\text{T}} = \frac{m_{\text{He}}}{m_{\text{T}} + m_{\text{He}}} Q = 2,74 \text{ МэВ}, E_{\alpha} = \frac{m_{\text{T}}}{m_{\text{T}} + m_{\text{He}}} Q = 2,06 \text{ МэВ}$$

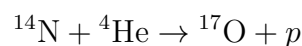
ЗАДАЧА 3. (*МФТИ, 1979*) В результате взаимодействия ядер дейтерия и трития образуются ядро гелия и нейтрон:



При этом выделяется значительная энергия. Какую часть её уносит с собой нейтрон? Кинетическими энергиями дейтерия и трития до реакции можно пренебречь по сравнению с выделившейся энергией.

8'0

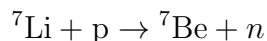
ЗАДАЧА 4. (*МФТИ, 1980*) Ядерная реакция



может идти, если налетающие на неподвижные ядра азота α -частицы имеют энергию, превышающую пороговую энергию $E_{\text{п}} = 1,45$ МэВ. На сколько энергия α -частиц должна быть больше пороговой, чтобы кинетическая энергия образующихся в реакции протонов была равна нулю?

$$\Delta E = E_{\alpha} \left(1 - \frac{m_{\text{O}}(m_{\text{O}} + m_{\text{p}})}{m_{\text{N}}(m_{\text{N}} + m_{\alpha})} \right) \frac{11}{2} E_{\text{п}} \approx 25 \text{ кэВ}$$

Задача 5. (МФТИ, 1980) В ядерной реакции



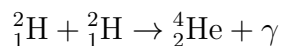
протоны налетают на покоящиеся ядра лития. Если энергия налетающих протонов равна $E = 1,92$ МэВ, то нейтроны, образующиеся в реакции, покоятся. На сколько можно уменьшить энергию налетающих протонов, чтобы реакция вообще могла идти?

$$\Delta E \approx 68 \approx E \frac{67}{1} = E \nabla$$

Задача 6. (МФТИ, 1990) Образовавшееся в результате ядерной реакции неподвижное ядро ${}^{40}_{19}\text{K}$ испускает γ -квант с энергией $E_\gamma = 9,4$ кэВ. Определить кинетическую энергию ядра после испускания кванта. Одной атомной единице массы соответствует энергия $E_1 = 931,5$ МэВ.

$$E \approx 10^{-6} \approx \frac{E_\gamma}{E_1} = E$$

Задача 7. (МФТИ, 1990) В ядерной реакции



образуется медленно движущаяся по сравнению со скоростью света α -частица и квант света γ с энергией $Q = 19,7$ МэВ. Пренебрегая скоростями вступающих в реакцию ядер, найти скорость образовавшейся α -частицы. Энергию покоя α -частицы принять равной $mc^2 = 3730$ МэВ.

$$v/mc \approx 0,8 \approx v \frac{3730}{Q} = v$$

Задача 8. (Всеросс., 2004, ОЭ, 10) Атомы A летят вдоль оси цилиндрического канала радиусом R и сталкиваются с практически неподвижными атомами B . Кинетическая энергия атомов A равна пороговой, так что при центральном ударе образуется молекула AB , которая далее движется со скоростью v . При нецентральной ударе реакция не идёт, то есть атомы сталкиваются упруго. За какое минимальное время t после столкновения атомы сорта B смогут от оси цилиндра попасть на стенку канала?

$$\frac{v}{R} = t$$

Задача 9. (МОШ, 2007, 11) Если направить поток протонов на кусок льда из тяжёлой воды D_2O , то при минимальной кинетической энергии протонов $E_1 = 1,4$ МэВ происходит ядерная реакция с образованием ядер ${}^3_2\text{He}$. Какую минимальную кинетическую энергию E_2 надо сообщить ядрам дейтерия, чтобы при их попадании на кусок льда из обычной воды произошла эта же ядерная реакция?

$$E_2 = 2E_1 = 2,8 \text{ МэВ}$$

Задача 10. (*МФТИ, 1974*) В настоящее время представляется возможным достижение давлений (например, с помощью специальным образом сфокусированного лазерного излучения), при которых все линейные размеры твёрдых тел можно уменьшить в 10 раз. Во сколько раз у такого «сверхплотного» вещества критическая масса меньше, чем у обычного?

В критическом состоянии, когда начинается цепная реакция, число вторичных нейтронов, рождающихся в веществе, равно числу нейтронов, покидающих его через поверхность. (Вторичными называют нейтроны, возникающие при взаимодействии с делящимся веществом уже имеющихся в нём нейтронов.)

В 10^6 раз