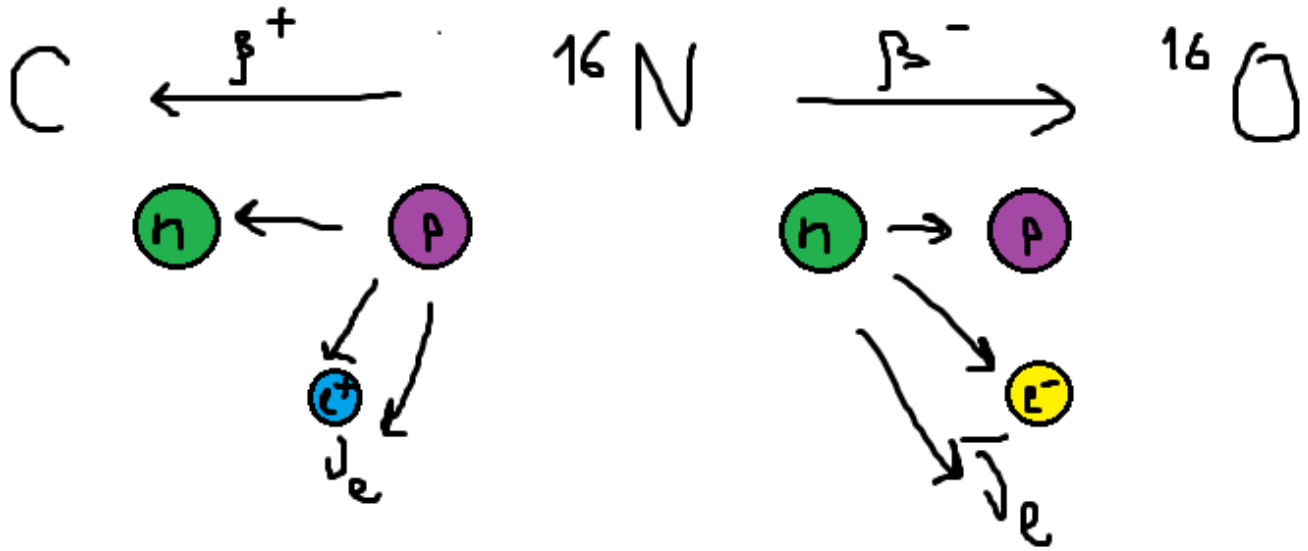
Меня тут попросили разобрать задачи.

По массам ядер $^{16}_{6}C$, $^{16}_{7}N$ и $^{16}_{8}O$ (соответственно 14914.53, 14906.01 и 14895.08 МэВ) установить возможные типы β-распада ядра $^{16}_{7}N$. Для возможных распадов найти освобождающуюся энергию. **

16-й азот может или бета-плюс распасться в углерод, или бета-минус в кислород:



Рассмотрим сперва распад в кислород.

Из-за того, что нейтрон становится протоном, у нас освобождается 939,57-938,27=1,3 МэВ.

В результате разниц энергий связи у нас затрачивается 14895-14906 МэВ = 11 МэВ. Обратите внимание – именно затрачивается, а не освобождается! Энергия связи на самом деле имеет смысл «антиэнергии»: вспомним, что энергия ядра = число протонов * 938,27 МэВ + число нейтронов * 939,57 МэВ **–** энергия связи (я этот минус специально выделил). Если бы вместо энергий связи в условии были бы указаны суммарные энергии ядер, но т.к. там энергии связи, мы их берём со знаком «минус» и делаем так всегда для энергий связи.

Воу-воу: у нас освобождается 1,3 Мэв, а затратить нам надо аж 11! А нам ещё надо родить электрон-антинейтринную пару. Всё, такая реакция невозможна.

Посмотрим на бета-плюс к 16-тому углероду.

Из-за того, что протон становится более массивным нейтроном, у нас затрачивается 939,57-938,27=1,3 МэВ.

Энергия связи: было 14906,01 а стало 14914,53 т.е. она выросла на 6,52 МэВ, и у нас освободилось 6,52 МэВ.

Неплохо! На позитрон и нейтрино у нас осталось 5,22 МэВ. Это и есть освобождающаяся энергия.

1. В ядре $^{15}_{8}O$, находящемся в основном состоянии, протон заменён нейтроном. Изменится ли энергия связи ядра? Если изменится, то насколько? **

Задача на формулу Вайцзеккера

отсюда http://nuclphys.sinp.msu.ru/spargalka/003.htm

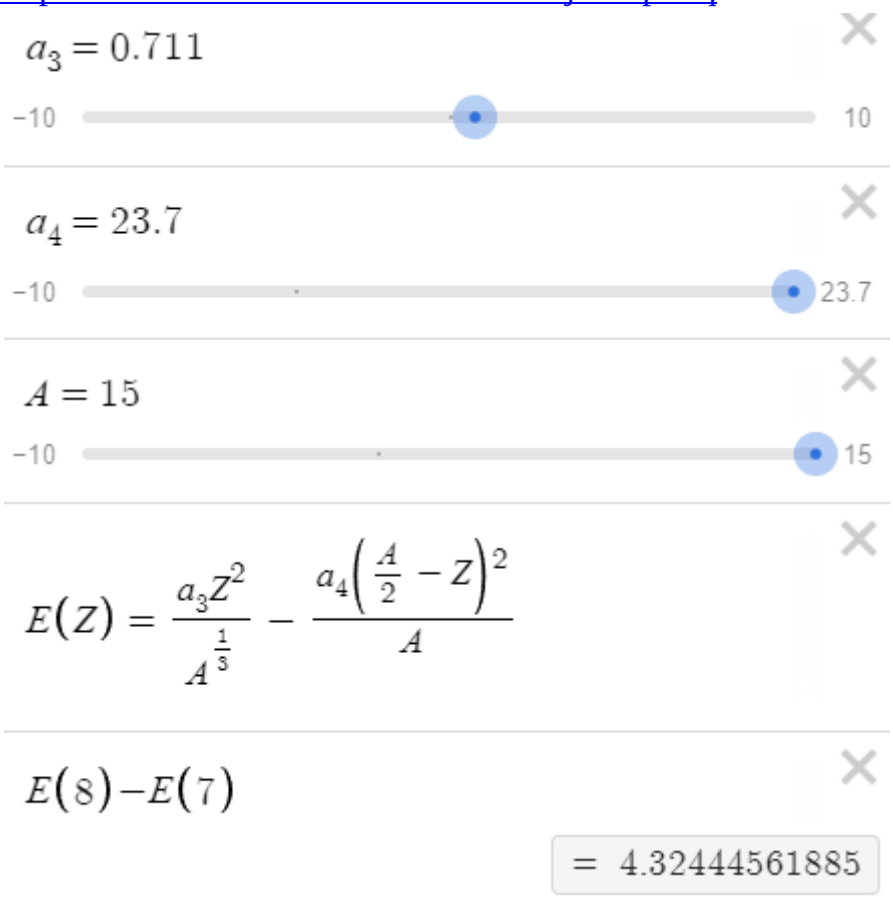
$E_{св}(A,Z) = a_1A - a_2A^{2/3} - a_3Z^2/A^{1/3} - a_4(A/2 - Z)^2/A + a_5A^{-3/4}$

A – число нуклонов у нас постоянно, так что обратим внимание на слагаемые с Z.

$a_3Z^2/A^{1/3} - a_4(A/2 - Z)^2/A$

Нужно выполнить численные подстановки. Удобнее всего это сделать в Десмосе, учитывая, что $a_3 = 0.711$ МэВ; $a_4 = 23.7$ МэВ;:

https://www.desmos.com/calculator/0jfbc9p6dq



Ответ: уменьшится на 4,324 МэВ.

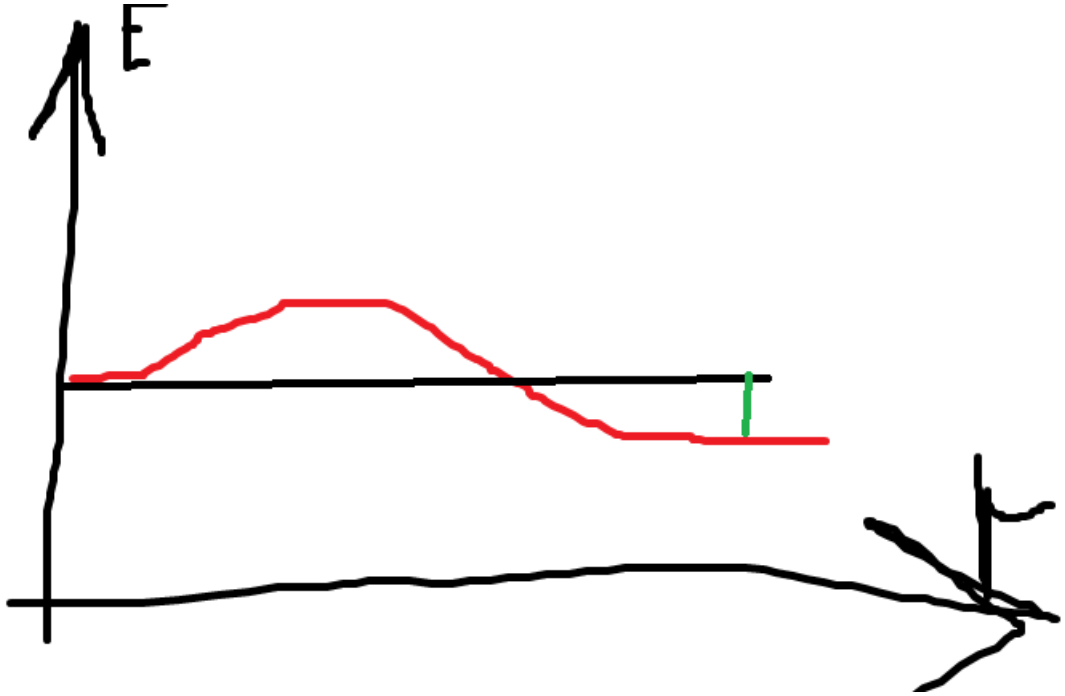
Имеются два одинаковых ядра из 100 нуклонов, в состав которых входят по 40 протонов. Если соединить эти два ядра в одно, произойдёт поглощение или выделение энергии? Сделайте количественную оценку изменения энергии. ***

Давайте думать. Исходно у нас были ядра из 40 протонов и 60 нейтронов – 40-й цирконий. Нейтронов сильно больше, чем протонов, налицо явно сильная нестабильность данного изотопа.

А что будет после слияния? В ядре будет 80 протонов и 120 нейтронов. Опять в полтора раза больше нейтронов, чем протонов. Но это будет уже гораздо более

стабильное ядро. Как известно, чем больше заряд ядра, тем сильнее его надо разбавлять нейтронами, тем больше там должна быть доля нейтронов (это нужно, чтобы разносить подальше огромное число протонов, которые отталкиваются). Поэтому ядро с 120 нейтронами и 80 протонами будет достаточно стабильным. (Это 200-й изотоп ртути и он действительно стабилен).

Теперь сделаем количественные оценки. Можно по той же формуле Вайцзеккера.
$E_{св}(A,Z) = a_1A - a_2A^{2/3} - a_3Z^2/A^{1/3} - a_4(A/2 - Z)^2/A + a_5A^{-3/4}$
Desmos | Графический калькулятор
Разность тех значений и есть ответ. Заметьте, что у двух ядер циркония из 100 нуклонов энергия связи ВЫШЕ, чем у ртути из 200. Значит, т.к. W_ядра=энергия покоя протонов+W покоя нейтронов-W_связи, то энергия двух ядер циркония НИЖЕ. Это, конечно, не значит, что ртуть будет самопроизвольно распадаться на цирконий – это не так из-за энергетического барьера:



Освободившаяся энергия показана зелёным.
Собственно, этот эффект можно предсказать благодаря тому, что и ртуть, и цирконий имеют Z>26. Повторю: это не означает, что ртуть самопроизвольно распадается, есть энергетический барьер, но если мы через него осколок «протащим», то у него будет излишек освободившейся энергии.