Важнейшую роль во всей ядерной физике играет понятие энергии связи ядра. Энергия связи позволяет объяснить устойчивость ядер, выяснить, какие процессы ведут к выделению ядерной энергии. Нуклоны в ядре прочно удерживаются ядерными силами. Для того чтобы удалить нуклон из ядра, надо совершить довольно большую работу, т. е. сообщить ядру значительную энергию.

Энергия связи атомных ядер очень велика. Но как её определить?

В настоящее время рассчитать энергию связи теоретически, подобно тому как это можно сделать для электронов в атоме, не удаётся. Выполнить соответствующие расчёты можно, лишь применяя соотношение Эйнштейна между массой и энергией:

Точнейшие измерения масс ядер показывают, что масса покоя ядра Мя всегда меньше суммы масс входящих в его состав протонов и нейтронов:

Уменьшение массы при образовании ядра из нуклонов означает, что при этом уменьшается энергия этой системы нуклонов на значение энергии свя- зи Есв:

Энергией же связи электронов с ядрами можно пренебречь.

Например, подсчитаем энергию связи для ядра гНе. Ядро гелия состоит из 2 протонов и 2 нейтронов, его масса МНе = 4,002603 а. е. м. Дефект масс определим по формуле.

Мы видим, что масса ядра почти на 0,75 % меньше суммы масс 2 протонов и 2 нейтронов.

Энергию связи удобно определять, пользуясь соотношением или используя связь энергии и массы.

Согласно формуле (12.5) энергия связи ядра гелия Есв = AMс2 = = 0,029279 х 931,5 (МэВ) ~ 27,3 МэВ.

Но куда при образовании ядра из нуклонов исчезают энергия Есв и масса AM?

При образовании ядра из частиц последние за счёт действия ядерных сил на малых расстояниях устремляются с огромным ускорением друг к другу. Излучаемые при этом у-кванты как раз обладают энергией Есв и массой Е AM = =&-.

Энергия связи — это энергия, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц, и соответственно это та энергия, которая необходима для расщепления ядра на составляющие его частицы.

О том, как велика энергия связи, можно судить по такому примеру: образование 4 г гелия сопровождается выделением такой же энергии, что и при сгорании 1,5—2 вагонов каменного угля.

Важную информацию о свойствах ядер содержит зависимость удельной энергии связи от массового числа А.

Удельная энергия связи — это полная энергия связи ядра, делённая на число А нуклонов в ядре.

Удельную энергию связи определяют экспериментально. На рисунке 12.1 представлена кривая зависимости удельной энергии связи от массового числа. Экспериментальные значения дают небольшие отклонения от этой кривой. Из рисунка 12.1 хорошо видно, что, не считая самых лёгких ядер, удельная энергия связи примерно постоянна и равна 8 МэВ/нуклон. Отметим, что энергия связи электрона и ядра в атоме водорода, равная энергии ионизации, почти в миллион раз меньше этого значения. Кривая на рисунке 12.1 имеет слабо выраженный максимум. Максимальную удельную энергию связи (8,6 МэВ/нуклон) имеют элементы с массовыми числами от 50 до 60, т. е. железо и близкие к нему по порядковому номеру элементы. Ядра этих элементов наиболее устойчивы.

У тяжёлых ядер удельная энергия связи уменьшается, как мы уже знаем, за счёт возрастающей с увеличением числа Z кулоновской энергии отталкивания протонов. Кулоновские силы стремятся разорвать ядро.

Если внимательно проанализировать этот график, то станет очевидно, что может выделяться энергия при делении тяжёлых ядер и при синтезе (соединении) лёгких.