

Энергия связи

В состав ядра входят положительно заряженные протоны и нейтроны, частицы без электрического заряда. Протоны и нейтроны имеют обобщающее название — **нуклоны**. Протоны отталкиваются друг от друга, нейтроны не участвуют в кулоновском взаимодействии. Но ядро ведет себя как единое целое, следовательно, существуют силы притяжения между нуклонами ядра, являющиеся более сильными, чем кулоновское отталкивание протонов. Эти силы называются **ядерными силами**, а взаимодействие между нуклонами **сильным взаимодействием**.

Ядерные силы — силы притяжения между нуклонами ядра, имеющие характер обменного взаимодействия.

Особенности ядерных сил. Огромная энергия связи нуклонов в ядрах (по сравнению с энергией связи электронов в атоме) означает, что между нуклонами действуют мощные ядерные силы притяжения, по сравнению с которыми электромагнитные силы отталкивания в сотни раз слабее.

Отличительными особенностями ядерных сил являются:

1. Эти силы являются *короткодействующими* с радиусом действия $\sim 10^{-13}$ см. На существенно меньших расстояниях притяжение нуклонов сменяется их отталкиванием.

2. Они обладают *зарядовой независимостью*, что проявляется в одинаковости сил взаимодействия нуклонов *n-n, p-p, n-p*.

3. Эти силы *не являются центральными*. Силы нельзя представить действующими вдоль прямой, проходящей через центры взаимодействующих нуклонов. Нецентральность связана с тем, что эти силы зависят от ориентации спинов нуклонов.

4. Обладают свойством *насыщения*: каждый нуклон в ядре взаимодействует с ограниченным числом ближайших нуклонов. Это проявляется практически в независимости удельной энергии связи от массового числа. [3]

Ядерные силы являются более короткодействующими, чем кулоновские силы, поэтому их часто называют **«гигант с короткими руками»**. Ядерные силы очень быстро убывают по мере увеличения расстояния между взаимодействующими частицами, т.о. каждый нуклон взаимодействует только с ближайшими соседями. Поэтому ядра с большим количеством нуклонов и, соответственно, большой массы являются неустойчивыми.

Рассмотрим более подробно, чем это грозит. Ядра малой массы имеют число протонов, превышающее число нейтронов. Все протоны отталкиваются, но с другой стороны протоны и нейтроны притягиваются друг к другу в результате ядерного взаимодействия. Поскольку число нуклонов в ядре не очень велико, то можно считать, что каждый нуклон взаимодействует с каждым. По мере увеличения массы ядра число нуклонов увеличивается. При этом нейтронов становится в процентном отношении все больше и больше.

Поскольку нейтроны не вносят вклад в кулоновское отталкивание, то в таких ядрах притяжение между нуклонами ядра еще больше доминирует над отталкиванием протонов.

Размер же ядра еще не достаточно велик, чтобы проявился эффект «коротких рук гиганта». Поэтому, средние ядра будут более стабильными, чем легкие (рис. VII.3). Такая тенденция проявляется до элемента ${}_{50}^{119}\text{Sn}$ (олово).

В тяжелых ядрах число нуклонов становится велико, размер ядра

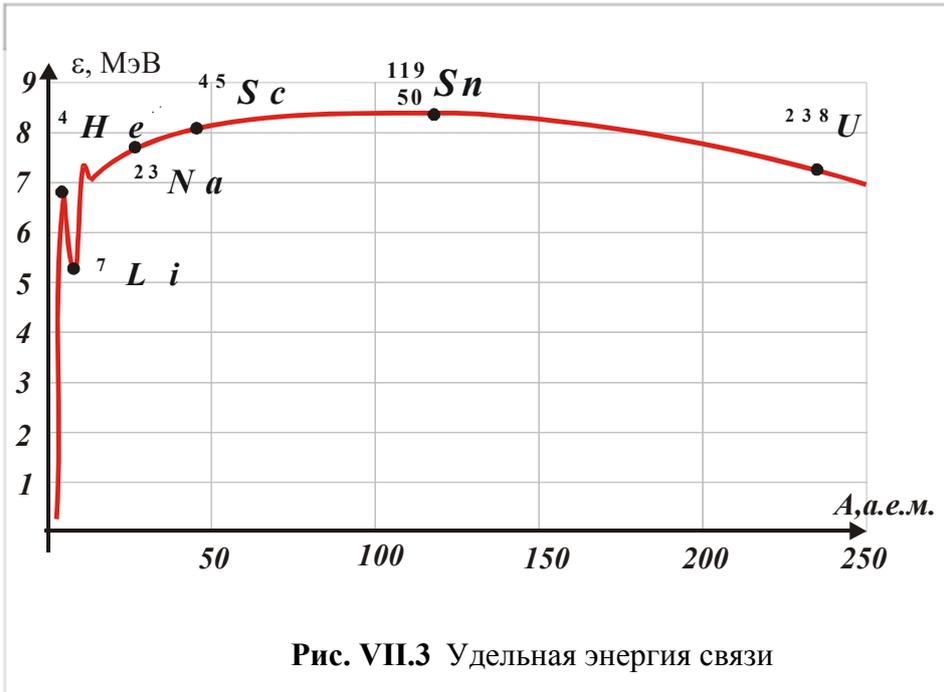


Рис. VII.3 Удельная энергия связи

увеличивается, и каждый из нуклонов не может взаимодействовать со всеми остальными в силу их удаленности. Т.е. отталкиваются все протоны, а притягиваются только ближайшие соседи. В результате, стабильность тяжелых ядер меньше, чем средних.