

# Энергия связи атомных ядер

## Ядерные реакции

**Внутри ядер между нуклонами действуют силы, которые называют ядерными силами.**

**Это короткодействующие силы, на расстоянии  $10^{-15}$  м. они примерно в 100 раз больше сил электростатического взаимодействия., но на расстоянии  $10^{-14}$  м. они ничтожно малы.**

# Энергия связи

Для удаления из ядра нуклона, что необходимо сделать?

В следствии чего энергия системы «оставшееся ядро – удаленный нуклон» увеличивается на  $\Delta E$ , =  $A$  внешних сил.

=>,  $E$  необходимую для полного расщепления ядра на отдельные протоны и нейтроны -  $E$  связи ядра.

По закону взаимосвязи массы и  $E$ :  $E = mc^2$ ,

идет увеличение массы частиц на

$$\underline{\Delta m = E/c^2}$$

**=>, масса ядра всегда меньше сумм масс составляющих его частиц, взятых в отдельности, т.е.**

**существует дефект масс, т.е.**

$$M_{\text{я}} < Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{п}},$$

**разность масс, т.е.**

$$\Delta m = Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{п}} - M_{\text{я}}$$

**В ядерной физике массу частиц выражают в атомных единицах массы. Атомная единица массы =  $\frac{1}{12}$  массы атома изотопа углерода - 12**

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

# *Подсчитаем энергию связи ядра атома гелия:*

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

**Масс ядра гелия  ${}^2\text{He}_4 - 4,002603 \text{ а.е.м}$**

**Масса отдельных нуклонов**

**$2 * 0n1 - 2,017330 \text{ а.е.м.}$**

**$2 * 1H1 - 2,015650 \text{ а.е.м.}$**

---

**$4,032980 \text{ а.е.м.}$**

**Разность масс:  $\Delta m = (4,032980 - 4,002603) \text{ а.е.м.},$**

**а энергия связи:  $E = \Delta m c^2,$  т.к.**

**$1 \text{ а.е.м.} = 1,660566 * 10^{-27} \text{ кг},$  а  $c = 3 * 10^8 \text{ м/с},$  то**

**$\Delta E = 0,030377 * 1,660566 * 10^{-27} \text{ кг} * 9 * 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2,$**

**или  $\Delta E = 0,030377 * 1,660566 * 10^{-11} \text{ Дж.}$**

**В ядерной физике энергию принято  
выражать в электрон-вольтах.**

$$1\text{эВ} = 1,60219 * 10^{-19} \text{ Дж, то}$$

$$\Delta E = 0,030377 * \frac{1,660566 * 9 * 10^{-11}}{1,60219 * 10^{-19}} \text{ эВ}$$

$$\begin{aligned} & \text{дробь } \frac{1,66056 * 10^{-27} * 9 * 10^{16} \text{ Дж}}{1,60219 * 10^{-19} \text{ Дж/эВ}} \\ & = 931 * 10^9 \text{ эВ} = 931 \text{ МэВ} \end{aligned}$$

*Не зависит от условия задачи. Поэтому при решении  
задач будем записывать так:*

$$\Delta E = \Delta m \text{ а.е.м.} * 931 \text{ МэВ/а.е.м.}$$

**=>, энергия связи ядра атома гелия:**

$$\Delta E = 0,030377 * \text{а.е.м.} * 931 \text{ МэВ/а.е.м.} \approx 28,2 \text{ МэВ.}$$

**Разделив полную энергию связи ядра атома на число нуклонов в нем, получим удельную энергию связи.**

**Для ядра атома гелия удельная энергия связи =  $28,2 \text{ МэВ} / 4 \approx 7 \text{ МэВ}$  на нуклон.**

**На рис приведен график зависимости энергии связи,  
приходящейся на один нуклон(удельная энергия связи),  
от массового числа А.**





# **Анализируя график, можно сделать ВЫВОДЫ:**

- 1. Удельная энергия связи различна для ядер разных элементов;**
- 2. Наибольшая удельная энергия приходится на ядра с массовыми числами от 40 до 100;**
- 3. В легких ядрах удельная энергия связи уменьшается с уменьшением числа нуклонов в ядре, а в тяжелых она уменьшается с увеличением массового числа.**



# Ядерные реакции. Энергетический выход ядерных реакций.

Ядерными реакциями называют процессы, результатом которых является перестройка атомных ядер.

Ядерные реакции протекают в точном соответствии с законами сохранения (сохранная электрического заряда, импульса, энергии и числа нуклонов).

Например: первая искусственная ядерная реакция



Осуществленную в 1919 году Э Резерфордом.

Массовое число до реакции = 18, после = 18.

Заряд = 9e и до и после реакции.

# Энергетический выход ядерной реакции.

Для этого необходимо определить:

1. Массу ядер и частиц до реакции –  $m_1$ ;
2. Массу ядер и частиц после реакции –  $m_2$ ;
3. Изменение массы  $\Delta m = m_1 - m_2$ ;
4. Рассчитать изменение энергии

$$\Delta E = \Delta m c^2$$