

---

Тема: «Строение атомного ядра.  
Ядерные силы. Энергия связи  
атомного ядра»

---

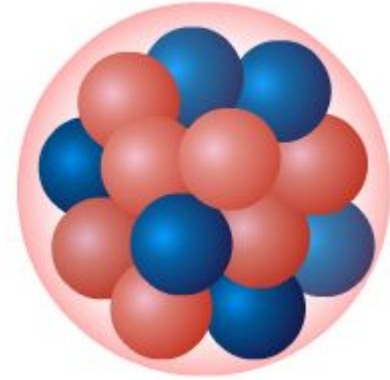
---

## СТРОЕНИЕ ЯДРА АТОМА

В 1932г. после открытия протона и нейтрона учеными Д.Д. Иваненко (СССР) и В. Гейзенберг (Германия) была выдвинута **протонно-нейтронная модель ядра атома.**

### Согласно этой модели:

- ядра всех химических элементов состоят из нуклонов: протонов и нейтронов
- заряд ядра обусловлен только протонами
- число протонов в ядре равно порядковому номеру элемента
- число нейтронов равно разности между массовым числом и числом протонов ( $N=A-Z$ )



заряд = +1  
масса =  $1,6726 \cdot 10^{-27}$  кг



заряд = 0  
масса =  $1,6749 \cdot 10^{-27}$  кг

---

---

## СИМВОЛИЧЕСКОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ЯДРА АТОМА:

Например:



**A**- массовое число  
**Z**- зарядовое число

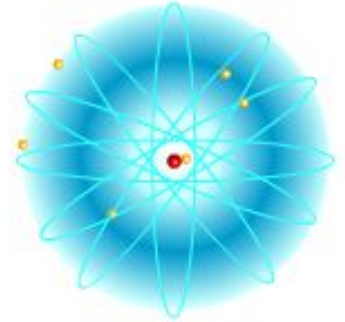


**Углерод**

6 протонов

6 нейтронов

6 электронов



**A**- число нуклонов, т.е. протонов + нейтронов ( или атомная масса )

**Z**- число протонов, соответствует порядковому(атомному) номеру элемента. ( равно числу электронов )

**N**- число нейтронов ( $N = A - Z$ )

Атомное число **A** численно равно массе ядра, выраженной в атомных единицах массы и округленной до целых чисел.

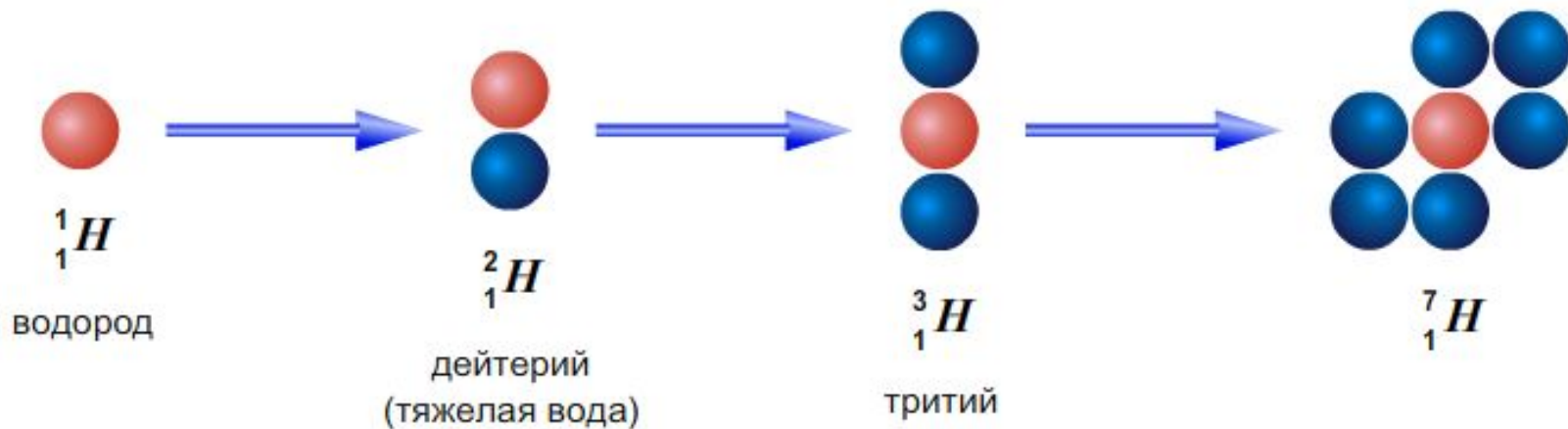
Атомная единица массы ( 1 а.е.м.) равна  $1/12$  части атома углерода.

---

---

# ИЗОТОПЫ

В ядрах одного и того же химического элемента число нейтронов различно, а число протонов одно и тоже, называют изотопами. Например, в ядрах водорода 1 протон, а число нейтронов может быть 0, 1, 2. В настоящее время получены изотопы водорода с числом нейтронов 3,4 и даже 6.



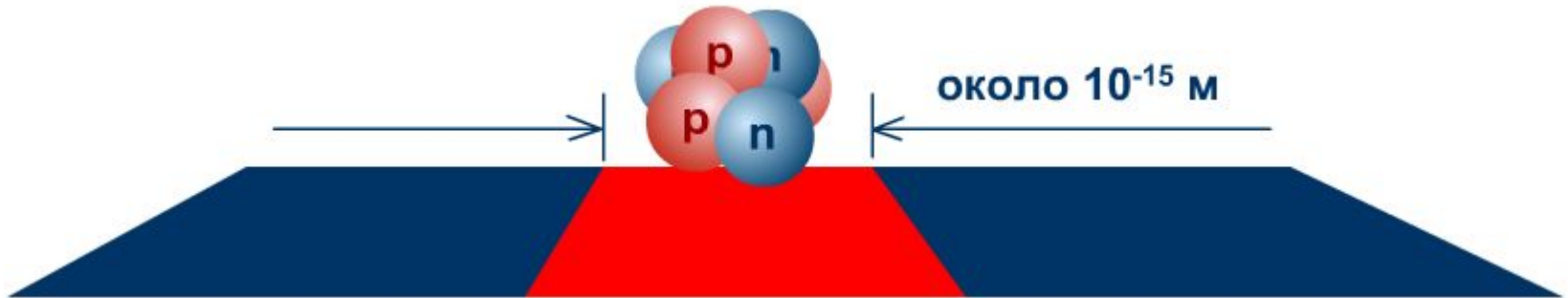
---

## ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ

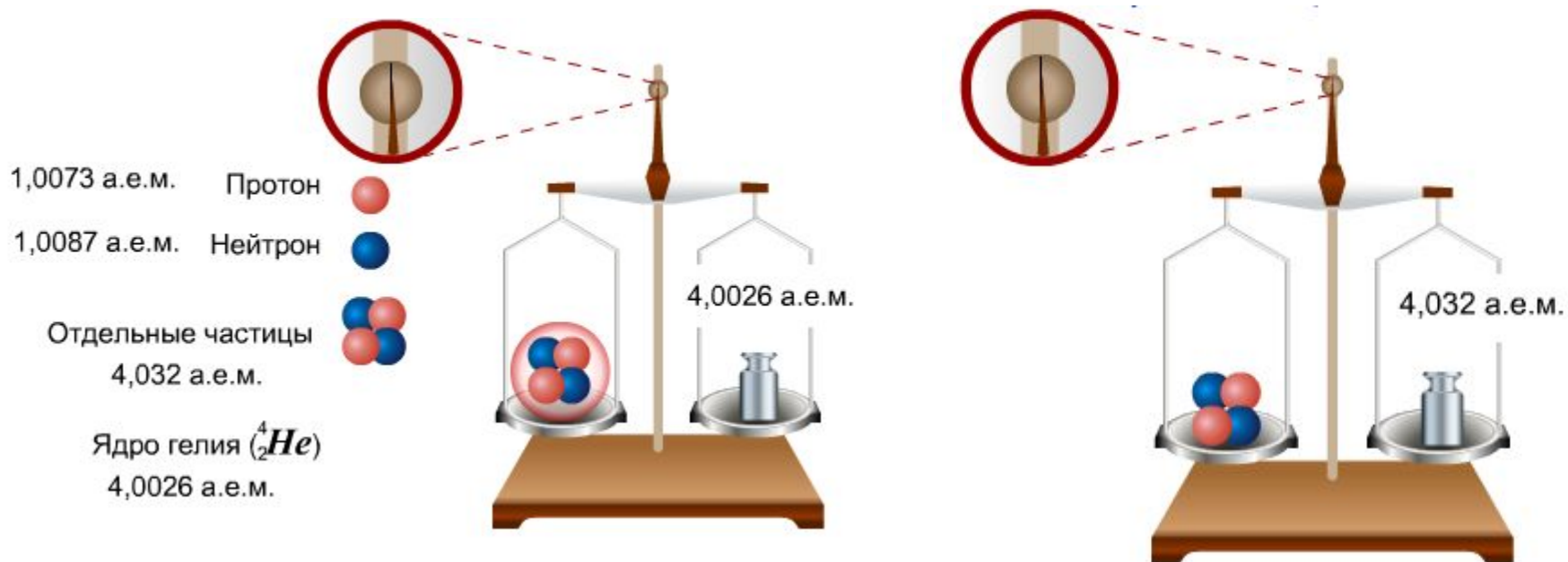
В состав ядра входят протоны и нейтроны. Между одинаково заряженными протонами действуют электростатические силы отталкивания, однако ядро не "разлетается" на отдельные частицы. Между протонами и нейтронами внутри ядра действуют ядерные силы - силы притяжения, намного превосходящие электростатические.

**Ядерные силы по величине в 100 раз превосходят электростатические и называются *сильным взаимодействием*.**

Ядерные силы проявляются лишь на расстояниях внутри ядра, поэтому считаются короткодействующими, в то время как электростатические силы - далекодействующими.



## ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ АТОМНЫХ ЯДЕР. ДЕФФЕКТ МАССЫ.



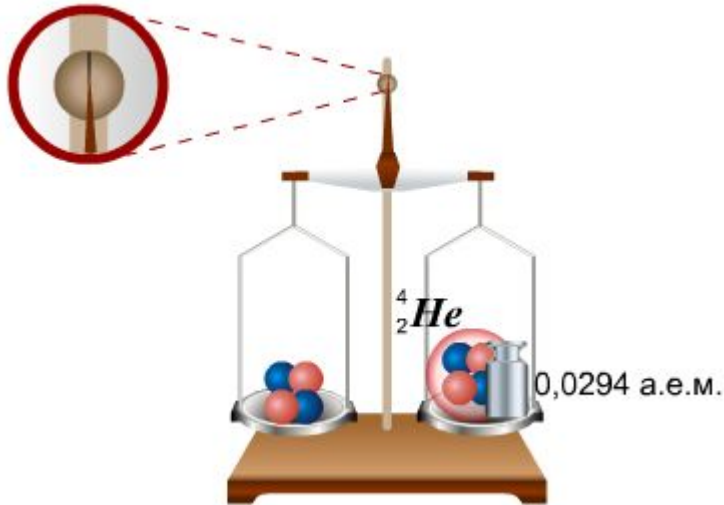
---

## ДЕФФЕКТ МАССЫ

Измерения масс ядер показывают, что **масса ядра ( $M_{\text{я}}$ ) всегда меньше суммы масс покоя слагающих его свободных нейтронов и протонов.**

При делении ядра: **масса ядра всегда меньше суммы масс покоя образовавшихся свободных частиц.**

При синтезе ядра: **масса образовавшегося ядра всегда меньше суммы масс покоя свободных частиц, его образовавших.**



$$Zm_p + Nm_n > M_{\text{я}}$$

---

## — ДЕФЕКТ МАСС

---

**Дефект масс** является *мерой энергии связи* атомного ядра.

**Дефект масс** равен разности между суммарной массой всех нуклонов ядра в свободном состоянии и массой ядра:

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_{\text{Я}}$$

где **Мя** – масса ядра ( из справочника)

**Z** – число протонов в ядре

**m<sub>p</sub>** – масса покоя свободного протона (из справочника)

**N** – число нейтронов в ядре

**m<sub>n</sub>** – масса покоя свободного нейтрона (из справочника)

***Уменьшение массы при образовании ядра означает, что при этом уменьшается энергия системы нуклонов.***

---



---

## ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ

*Ядра атомов представляют собой сильно связанные системы из большого числа нуклонов.*

*Для полного расщепления ядра на составные части и удаление их на большие расстояния друг от друга необходимо затратить определенную работу  $A$ .*

*Энергией связи называют энергию, равную работе, которую надо совершить, чтобы расщепить ядро на свободные нуклоны.*

$$E \text{ связи} = A$$

*По закону сохранения энергия связи одновременно равна энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных свободных нуклонов.*

---

---

**Формула для расчета энергии связи ядра** - это формула Эйнштейна: если есть какая-то система частиц, обладающая массой, то изменение энергии этой системы приводит к изменению ее массы.

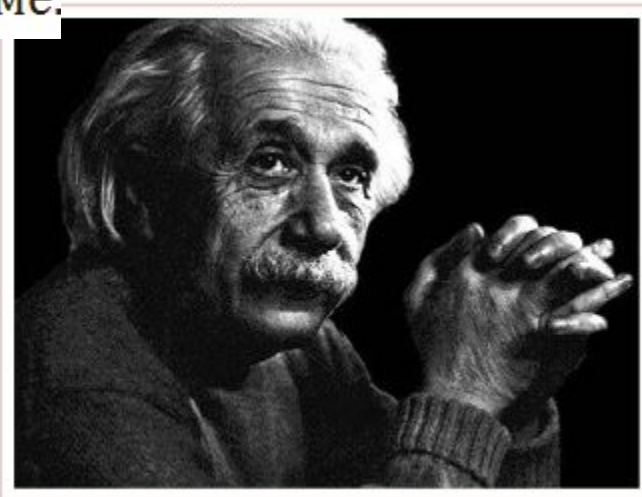
$$E_{\text{св}} = \Delta m c^2 = ((Zm_p + Nm_n) - M_{\text{я}})c^2$$

Здесь энергия связи ядра выражена произведением дефекта масс на квадрат скорости света.

$\Delta m$  – деффект массы,  $c$  – скорость света в вакууме.

В ядерной физике массу частиц выражают в **атомных единицах массы (а.е.м.)**

$$1 \text{ а. е. м.} = 1,660566 * 10^{-27} \text{ кг}$$



Альберт Эйнштейн (1879–1955)

## ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ

---

**Энергию связи** можно рассчитать в **Джоулях**, подставляя в расчетную формулу массу в килограммах.

Однако, в ядерной физике принято выражать энергию в **электронвольтах (эВ)**:

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

Просчитаем соответствие **1 а.е.м. электронвольтам**:

$$1\text{ а. е. м.} = \frac{1,660566 * 10^{-27} \text{ кг} * 9 * 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{1,660566 * 10^{-27} \text{ кг}} = 931\text{МэВ}$$

Теперь расчетная **формула энергии связи (в электронвольтах)** будет выглядеть так:

$$E_{\text{св}} = \Delta m 931\text{МэВ}$$

---

Вычислим энергию связи ядра гелия.

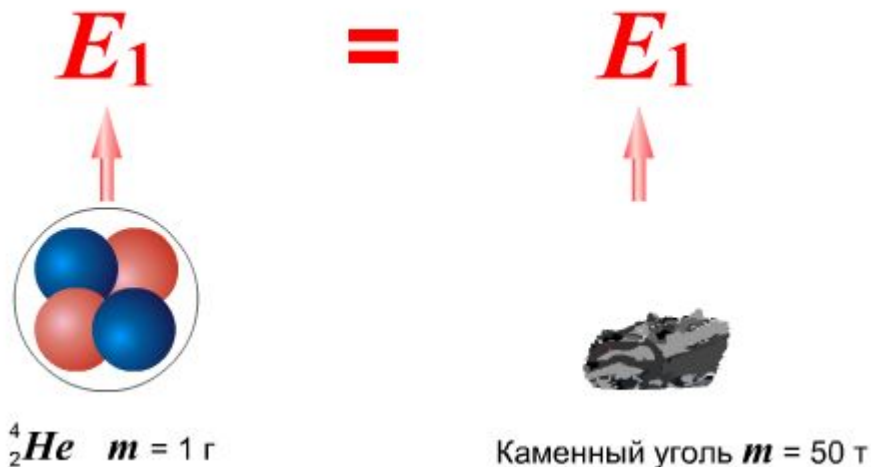
Для того чтобы энергию связи получить в джоулях, дефект масс нужно выразить в килограммах.

Учитывая, что  $1 \text{ а.е.м.} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ , получим

$$\Delta m = 0,0294 \text{ а.е.м.} = 0,0488 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$E_{\text{св}} = 0,0488 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}})^2 = 0,4388 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

Это огромная величина. Образование всего 1 г гелия сопровождается выделением энергии порядка  $10^{12}$  Дж. Примерно такая же энергия выделяется при сгорании почти целого вагона каменного угля.



# УДЕЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ

Устойчивость ядер характеризует физическая величина, называемая удельной энергией связи. Она равна энергии связи, которая приходится только на одну ядерную частицу (протон или нейтрон):

$$E_{\text{уд}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$$

По графику зависимости удельной энергии связи от массового числа элементов можно заметить, что для легких ядер энергия связи мала. Удельная энергия связи имеет наибольшее значение для ядер атомов расположенных в средней части периодической таблицы элементов с массовыми числами от 28 до 138. С дальнейшим ростом массового числа удельная энергия связи убывает.

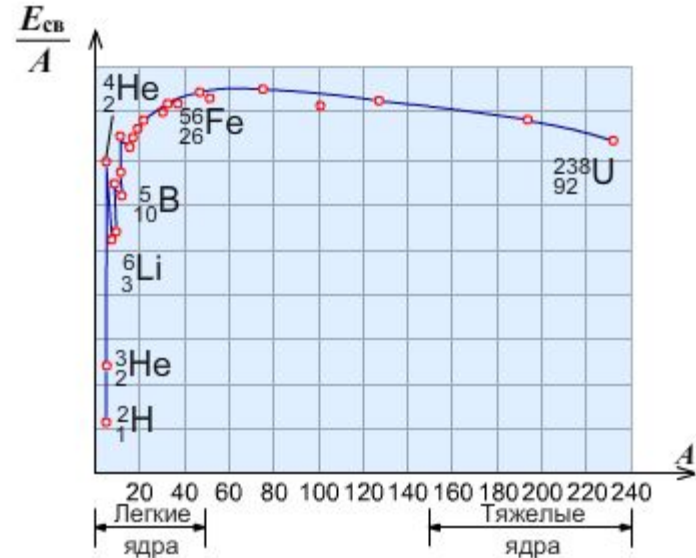


Рис 1. Зависимость удельной энергии связи от массового числа

---

## ЗАКРЕПЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА

1. Каков состав ядер натрия 23, фтора 19, серебра 107, кюрия 247, менделевия 257?
  2. Найти энергию связи ядра  $E_{св}$  и удельную энергию связи  $E_{св}/A$  для: 1) 2 H; 2) 6 Li; 3) 7 Li; 4) 12 C; 5) 16 O; в) 27 Al.
-