

# Явление радиоактивности. Деление и синтез ядер.

11 класс

Смирнова С.Г.

учитель физики

МОУ «Луховский лицей»

## Состав ядра

Нуклоны (протоны и нейтроны)- в ядре

Масса протона  $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27}$  кг = 1,007276 а.е.м.,

заряд протона равен по величине заряду электрона

$$q_p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Масса нейтрона  $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$  кг = 1,008665 а.е.м.

Нейтрон – электрически нейтральная частица.

1 атомная единица массы равна 1/12 массы атома углерода.

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 931,5 \text{ МэВ}/c^2, \quad 1 \text{ а.е.м.} = 931,5 \text{ МэВ}/c^2$$

# Ядерные силы

Ядерные силы – короткодействующие, радиус действия –  $10^{-15} - 10^{-14}$  м.

Общее число нуклонов в ядре равно числу целых единиц атомной массы элемента и называется массовым числом  $A$ .

Радиус ядра:  $r_{\text{я}} = 1,3 \cdot 10^{-15} \cdot A^{1/3}$  м,

Число протонов в ядре –  $Z$  и называется *зарядовым числом*.

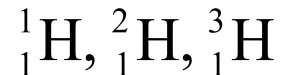


Число нейтронов в ядре равно  $N = A - Z$

## Изотопы

Ядра одного и того же химического элемента, содержащие одинаковое число протонов, но разное число нейтронов, называются изотопами.

Например, водород имеет три изотопа:



## Дефект масс и энергия связи

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}$$

$$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}] \cdot c^2$$

$$E_{\text{св}} = c^2 \cdot \{[Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}] - m_a\}$$

*Удельная энергия связи* – это полная энергия связи ядра, деленная на число нуклонов в ядре  $A$ .

## Дефект масс и энергия связи

Удельная энергия связи для ядра гелия  ${}^4_2\text{He}$

$$m = 4,002603$$

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}$$

$$\Delta m = 2 \cdot 1,007825 + 2 \cdot 1,008665 - 4,002603 = 0,030377 \text{ а.е.м.}$$

Энергия связи равна

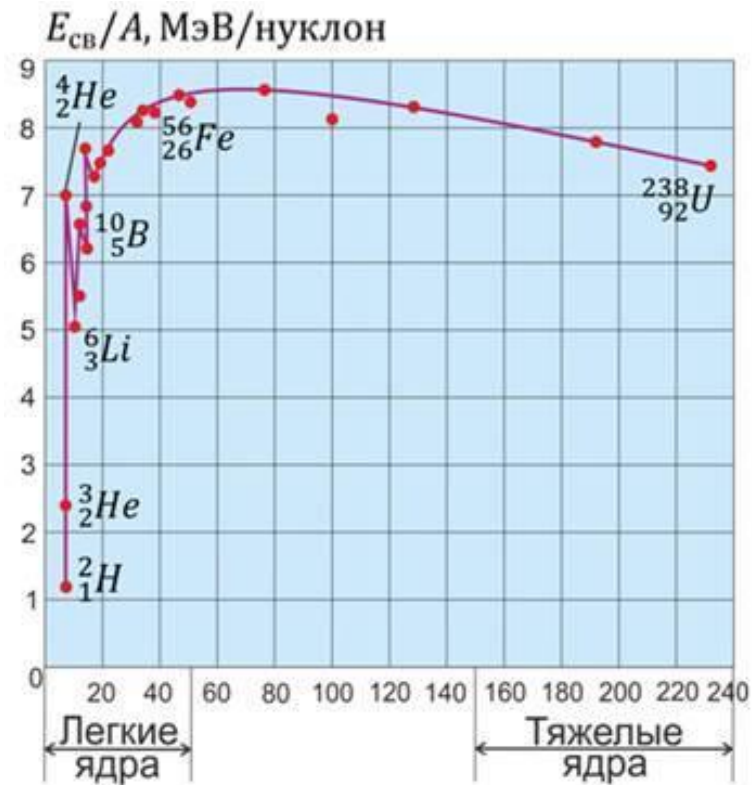
$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2 = 0,030377 \cdot 931,5 \text{ МэВ} = 28,3 \text{ МэВ}$$

Удельная энергия связи в ядре He

$$E_{\text{св.уд}} = E_{\text{св}} / A = 28,3 / 4 = 7,1 \text{ МэВ}$$

# График зависимости удельной энергии связи

## от массового числа



# Явление радиоактивности

## Естественная радиоактивность

Явление радиоактивности – открыто в 1896 году А. Беккерелем.

Пьер и Мария Кюри выделили из солей урана два химических элемента, которые также давали сильное излучение – полоний и радий. Источник радиоактивного излучения – нестабильное ядро атома.

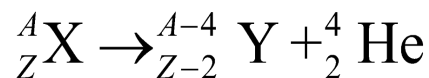
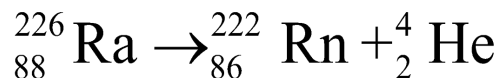
Три вида радиоактивного излучения:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучение.

При всех ядерных превращениях сохраняются массовые и зарядовые числа, выполняются все известные **законы сохранения**: энергии, импульса, момента импульса, заряда, а также закон сохранения нуклонов.



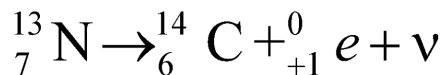
## $\alpha$ -распад

Пример превращения радия в радон:



## $\beta$ -распад

Пример  $\beta$ -распада – распад ядра углерода:

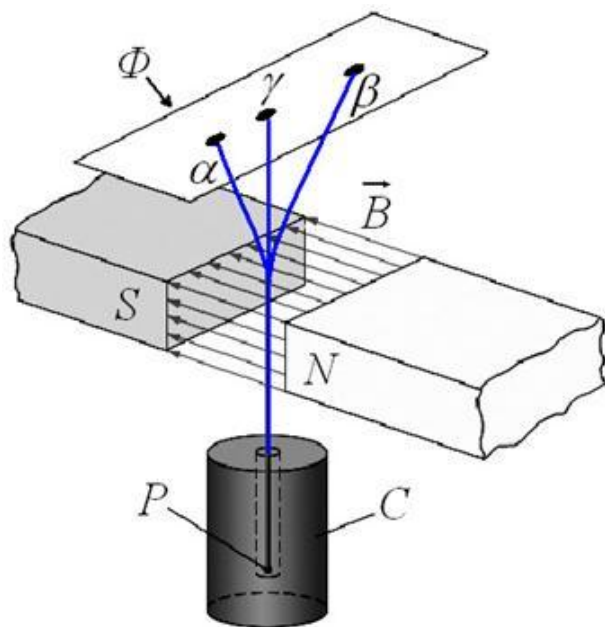


Может сопровождаться  $\gamma$ -излучением.

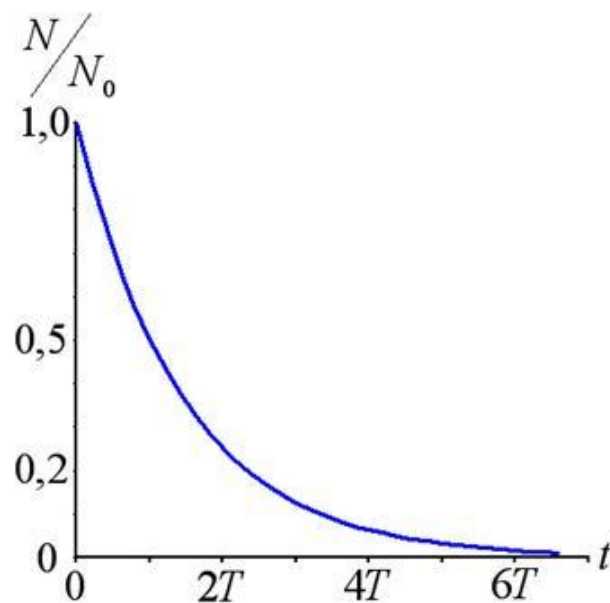
$\gamma$ -лучи – электромагнитные волны, длины которых от  $10^{-13}$  до  $10^{-10}$  м.

Излучение возбужденных ядер.

# Схема установки для наблюдения радиоактивного излучения (распада)



(a)

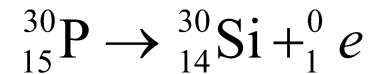
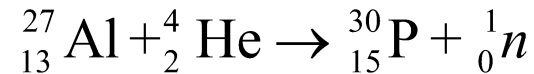


(б)

Правила смещения

# Искусственная радиоактивность

1932 год . Ирен и Фредерик Жолио-Кюри.



## Закон радиоактивного распада

**Период полураспада** – промежуток времени, за который распадется половина имеющихся радиоактивных ядер.

Радон –  $T \cong 3,8$  суток, радий – 1600 лет, уран – 5730 лет.

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T} \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

# Ядерные реакции

## 1. Реакции деления

Деление ядер урана – 1938 год – О. Хан и Ф. Штрассман.

Объяснение дано О. Фришем и Л. Майтнер.

Ядро урана, поглотившее нейтрон, становится неустойчивым и распадается на два осколка, так называемые осколки деления.

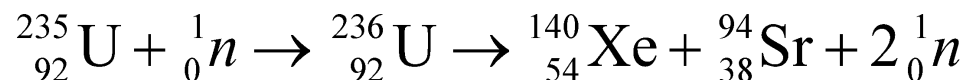
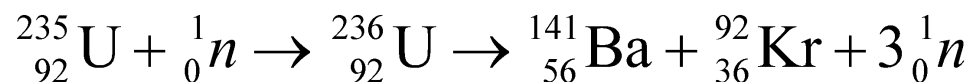
# Ядерные реакции

## Реакции деления

Удельная энергия связи ядра урана – 7,6 МэВ/нуклон

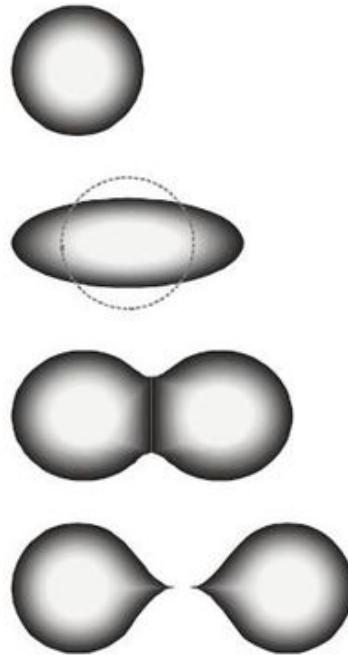
Массы осколков меньше массы распавшегося ядра на 8,5 – 7,6 МэВ/нуклон.

В процессе деления участвуют 236 нуклонов ядра урана, то энергия, выделяющаяся при делении только одного ядра, ~ 200 МэВ.



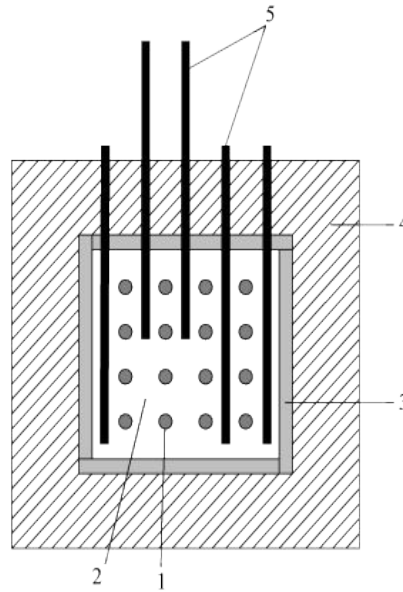
Цепная реакция деления

# Капельная модель ядра и распада



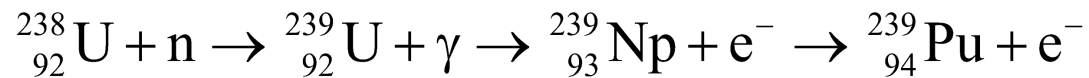
Природный уран содержит 92,27% изотопа  $^{238}\text{U}$   
0,72%  $^{235}\text{-U}$ , 0,01%  $^{234}\text{-U}$

# Управляемая реакция деления – реактор

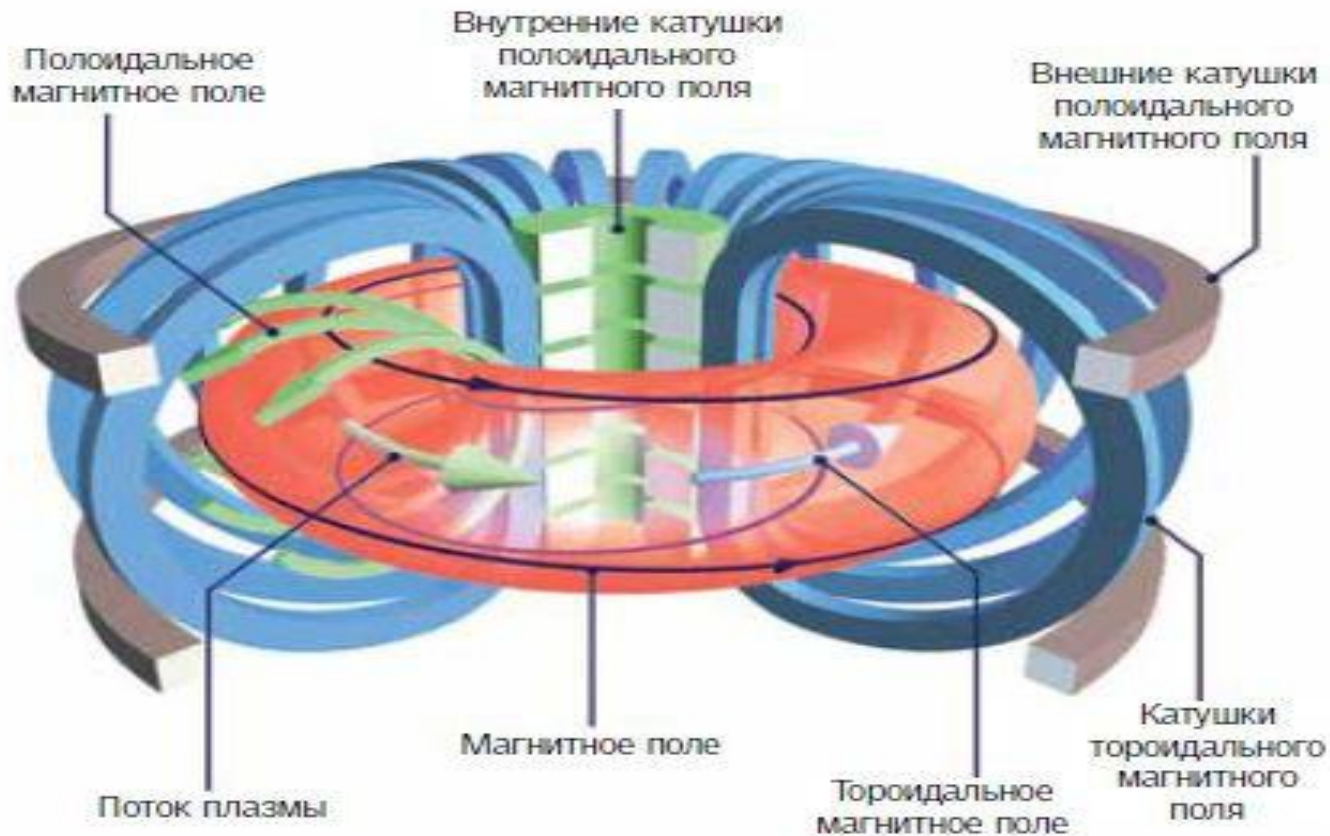
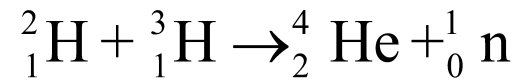


Первый ядерный реактор создан в 1942 году под руководством Э.Ферми в Чикаго.

Реактор на быстрых нейтронах



## 2) Реакция термоядерного синтеза



**Токамак.** *Раскаленный шнур плазмы закован в магнитные поля*