

# **РАДИОАКТИВНОСТЬ. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ**

**Введение**

**Естественная радиоактивность**

**Ядерные реакции**

**Реакция деления урана**

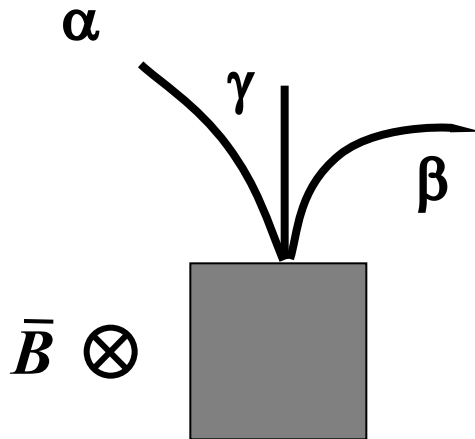
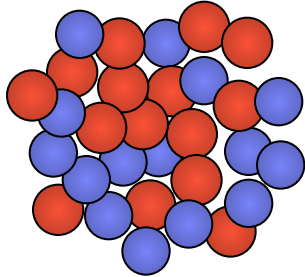
**Реакция синтеза атомных ядер**

# Введение

## Радиоактивный распад



$Z > 83$  или  $A > 209$



$$\alpha \Rightarrow \text{H} \frac{4}{2}$$

$$\beta \Rightarrow e^{-}$$

$\gamma \Rightarrow$  электромагнитное излучение

## Действие:

Химическое действие

Ионизация

Возбуждение флуоресценции

## Особенности:

Высокая проникающая способность

Радиоактивность не зависит от внешних воздействий

## Величины и единицы:

**Активность** – число распадов радиоактивных ядер за 1 с

$$A = \frac{dN}{dt} \quad [A] = 1 \text{ с}^{-1} \quad \text{Беккерель} \text{ – один распад за секунду}$$

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$$

# Закон радиоактивного распада

$dN$  - число ядер, распадающихся за  $dt$

$$-dN = \lambda N dt$$

$$\lambda = \frac{-dN / N}{dt} \quad \lambda \quad - \text{ не зависит от внешних условий}$$

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad \ln N = -\lambda t + \ln C \quad t = 0, N = N_0 \Rightarrow \ln C = \ln N_0$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad - \text{ средняя продолжительность жизни ядра}$$

**Период полураспада**

$$N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

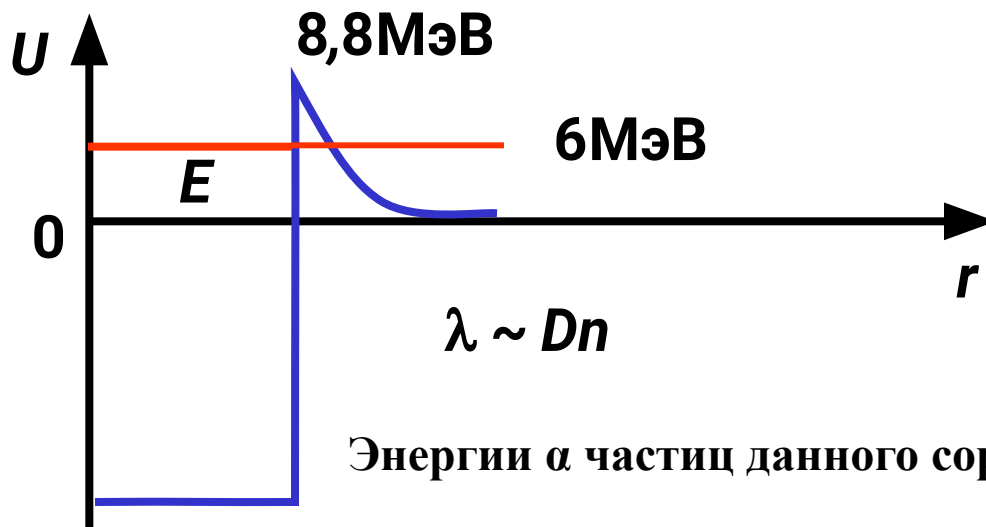
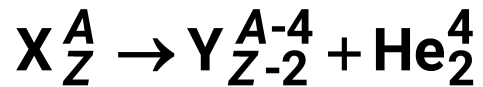
$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \quad T = \frac{\ln 2}{\lambda} = 0,693\tau$$

$$T_{Ra} = 1620 \text{ лет} \quad T_U = 1,4 \cdot 10^9 \text{ лет} \quad T_{Po^{218}} = 3,05 \text{ мин}$$

# Альфа-распад

$\alpha - (\text{He}_2^4)$

$Z > 83$

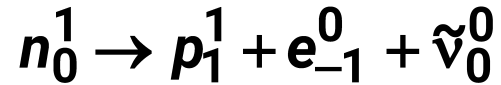
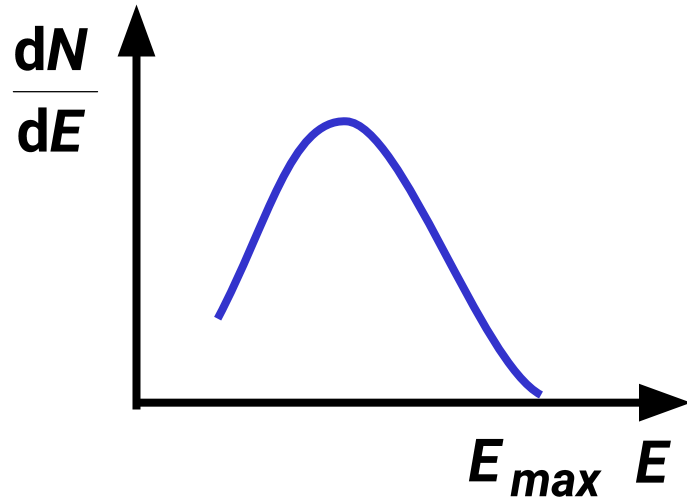


Энергии  $\alpha$  частиц данного сорта ядер одинаковы

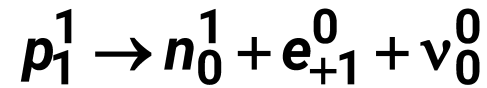
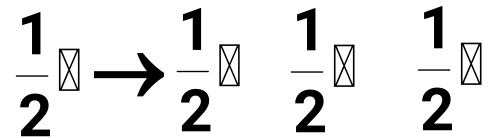


# Бета-распад

$$\beta - (e_{-1}^0)$$



?

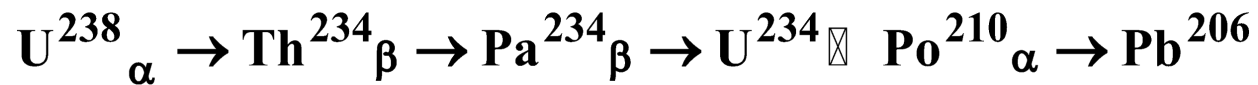


## Правила смещения



$$Z_{\text{я}} = \sum Z_i \quad - \text{закон сохранения заряда}$$

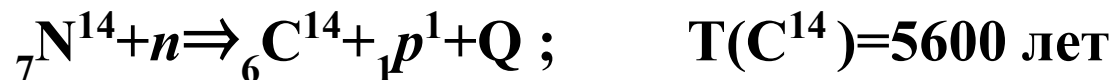
$$A_{\text{я}} = \sum A_i \quad - \text{закон сохранения числа нуклонов}$$



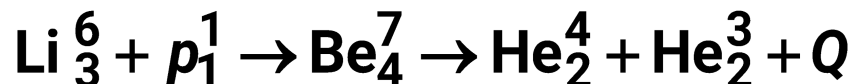
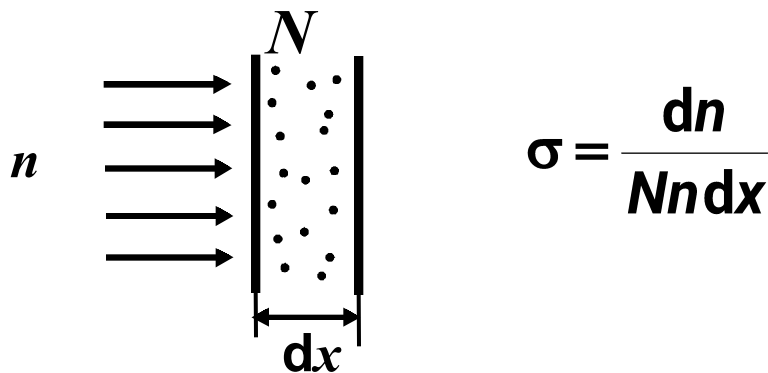
# ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ



$a, b$  частицами могут быть:  $n, p, \alpha, \gamma$ .



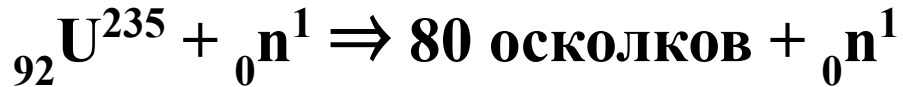
Эффективное сечение реакции



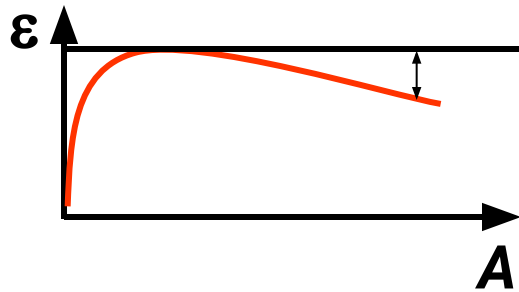


# Реакция деления урана

1934 г. Энрико Ферми



Осколки –  $M_1:M_2 = 2:3$  (7%)

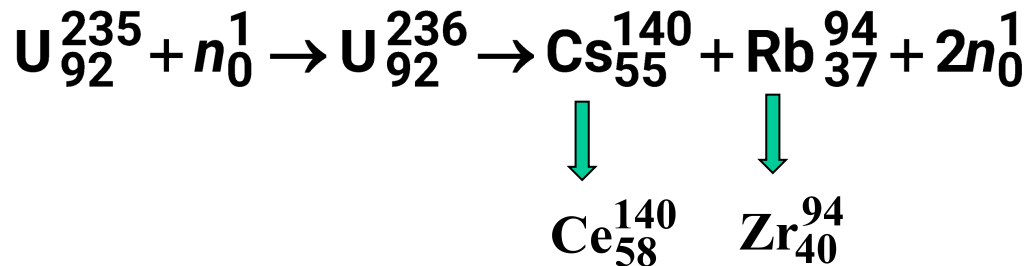


1,1 МэВ на 1 нуклон

**40Zr94**

200 МэВ на ядро

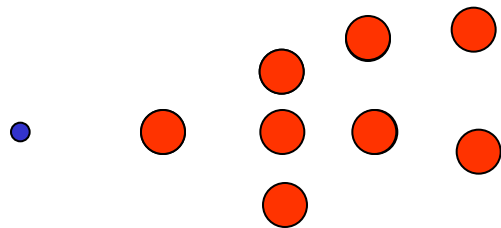
1 г U - 2200 кВт·час



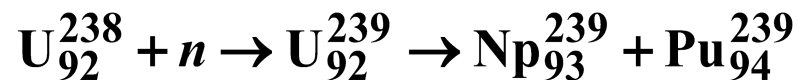
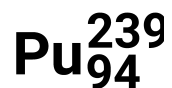
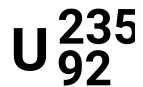
## Важные свойства реакции деления:

- при делении ядра урана выделяется в среднем 2,5 нейтрона
- часть нейтронов (0,75%) испускается запаздыванием (от 0,05 с до 1 мин)

### Цепная реакция

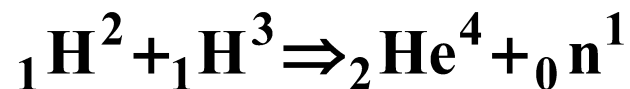


$$K = \frac{N_{i+1}}{N_i} \quad K \geq 1$$



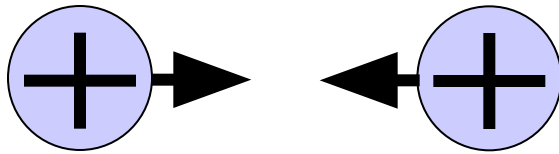
# РЕАКЦИЯ СИНТЕЗА

**Наиболее приемлемая реакция**



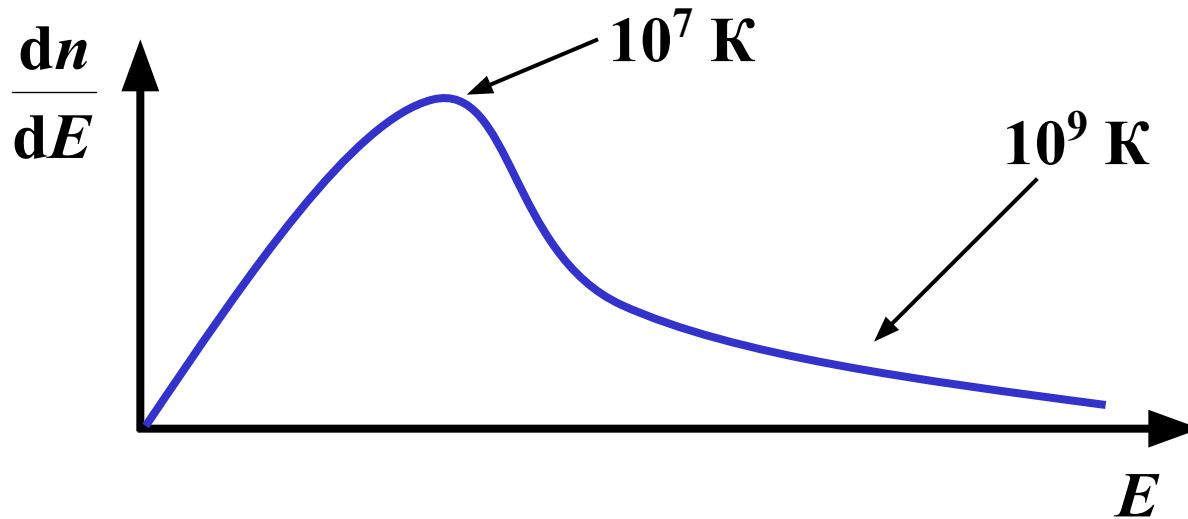
**На один нуклон выделяется энергии 3,5 МэВ**

# Проблема: преодолеть кулоновское отталкивание



$$E = \frac{e^2}{R_{я}} = 0,7 \text{ МэВ}$$

0,35 МэВ на одно ядро  $\longrightarrow$   $2 \cdot 10^9 \text{ К}$



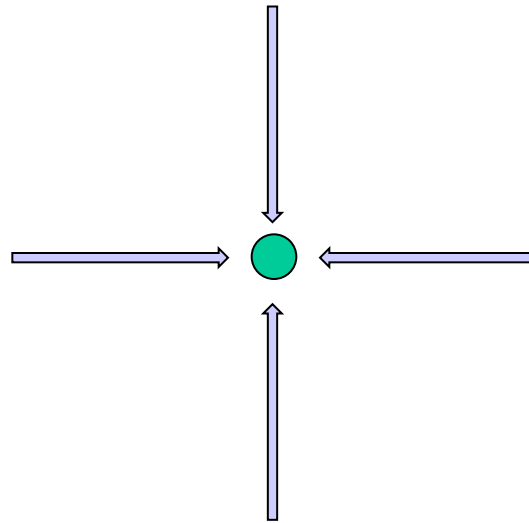
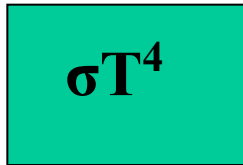
Критерий Лоусона  $n\tau > 10^{14} \text{ м}^{-3}\text{с}$

# Способы удержания плазмы

## Инерционное удержание

Водородная бомба

Лазерный термоядерный синтез



# Магнитное удержание

