

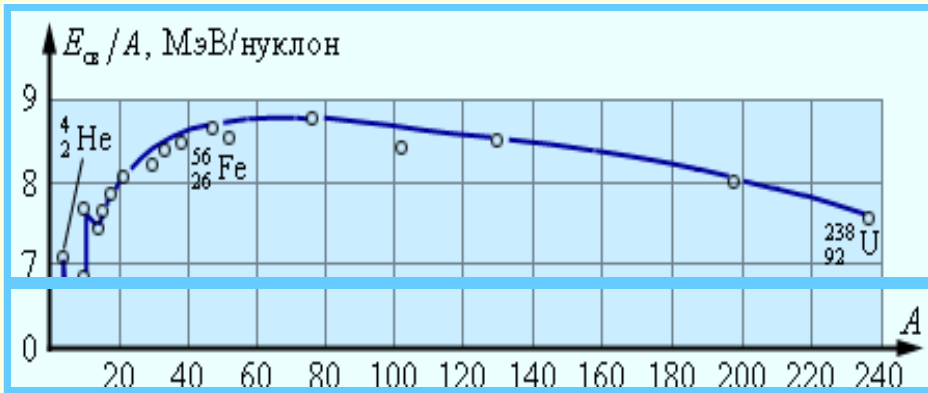
# Тема 2. Ядерные реакции

- 2.1. Деление ядер



# Определение:

- Ядерной реакцией называется процесс, идущий при столкновении ядра или элементарной частицы с другим ядром, в результате которого меняется нуклонный состав исходного ядра, а также появляются новые частицы среди продуктов реакции.

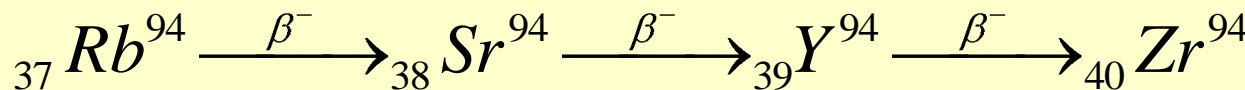
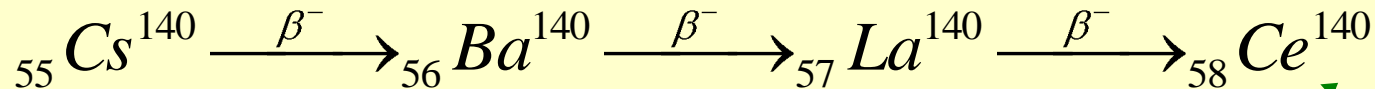
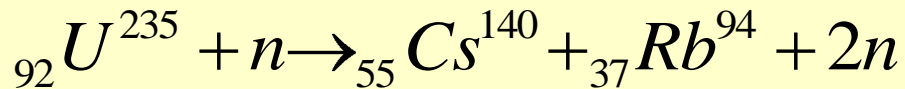


Освобождающаяся энергия, например, при делении ядра  $\text{U}^{235}$ :

$$E \approx 2 \cdot 117 \cdot 8,6 - 235 \cdot 7,6 \sim 200 \text{ МэВ}$$

Для сравнения, при сжигании углерода:  $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 5 \text{ эВ}$

### Пример реакции деления



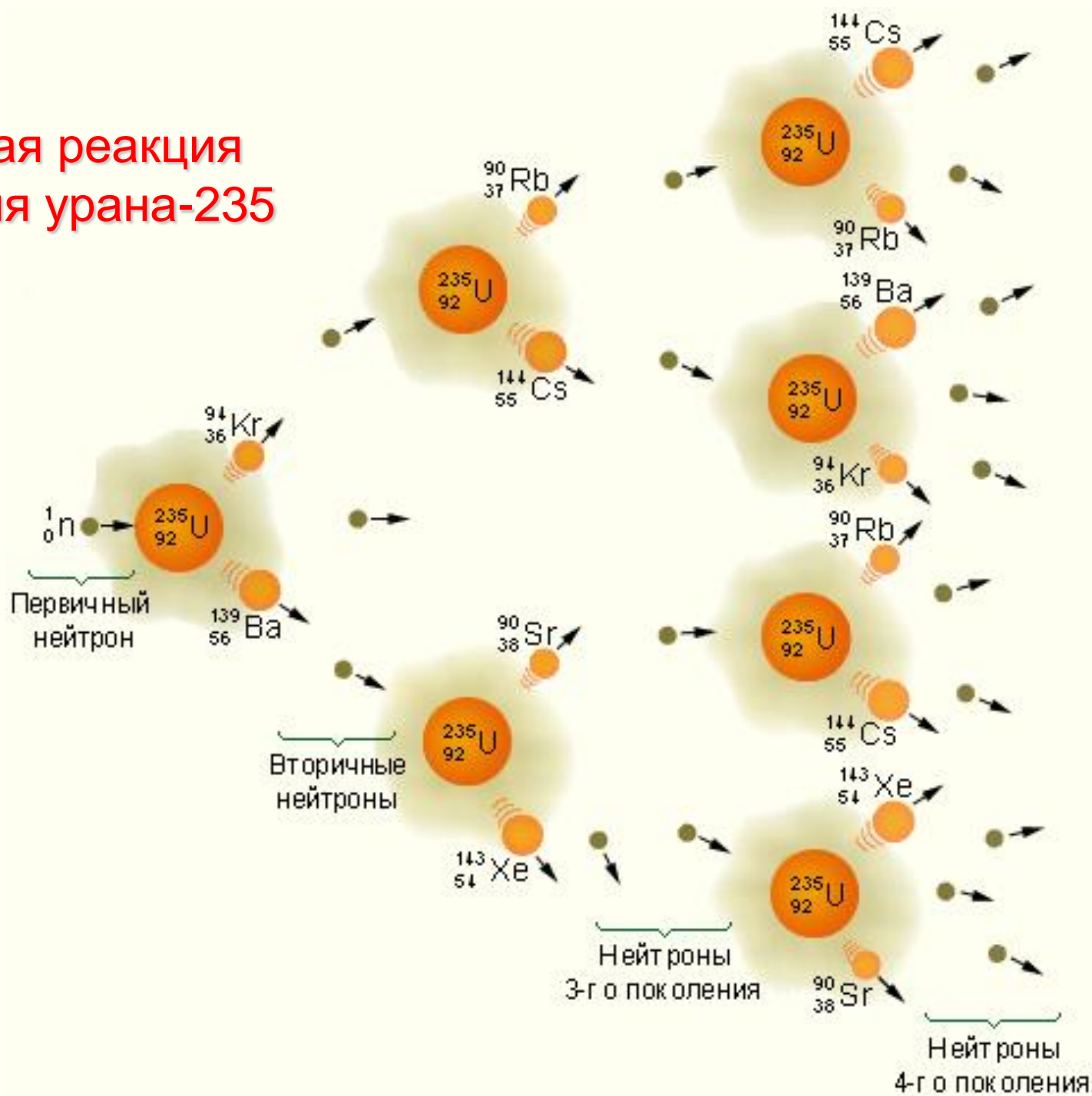
← устойчивые ядра

# Тема 2. Ядерные реакции

- 2.1. Деление ядер
- 2.2. Ядерные реакторы



# Цепная реакция деления урана-235

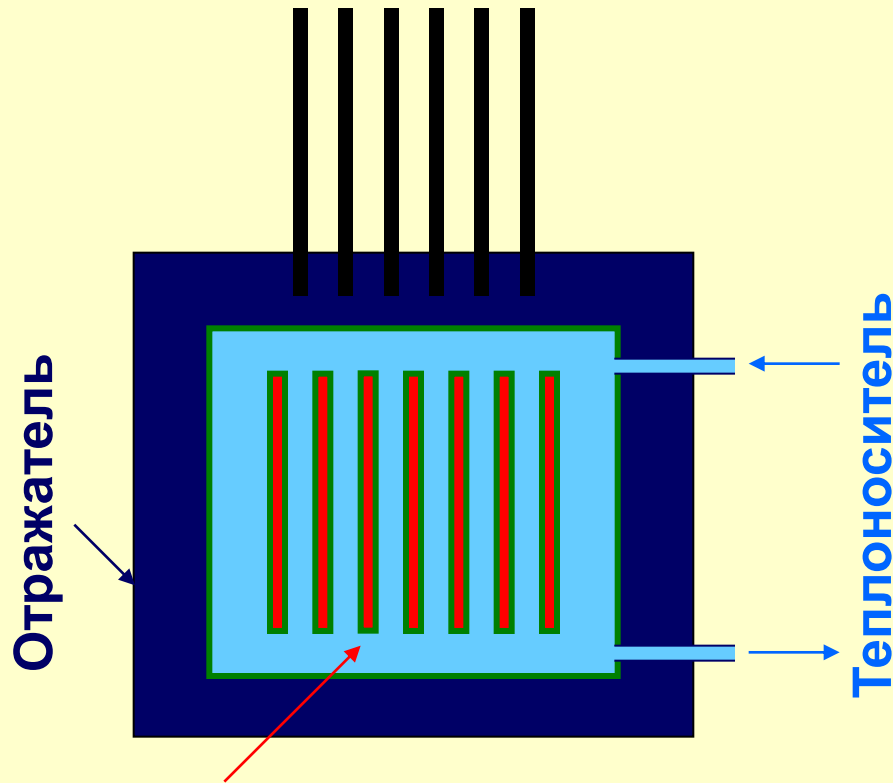


делящееся  
вещество

Условие для самоподдерживающейся цепной реакции:

$$N_{вступ}^{(n)} \geq N_{вступ}^{(n-1)}$$

Управляющие  
стержни (В, Cd)



Активная зона:

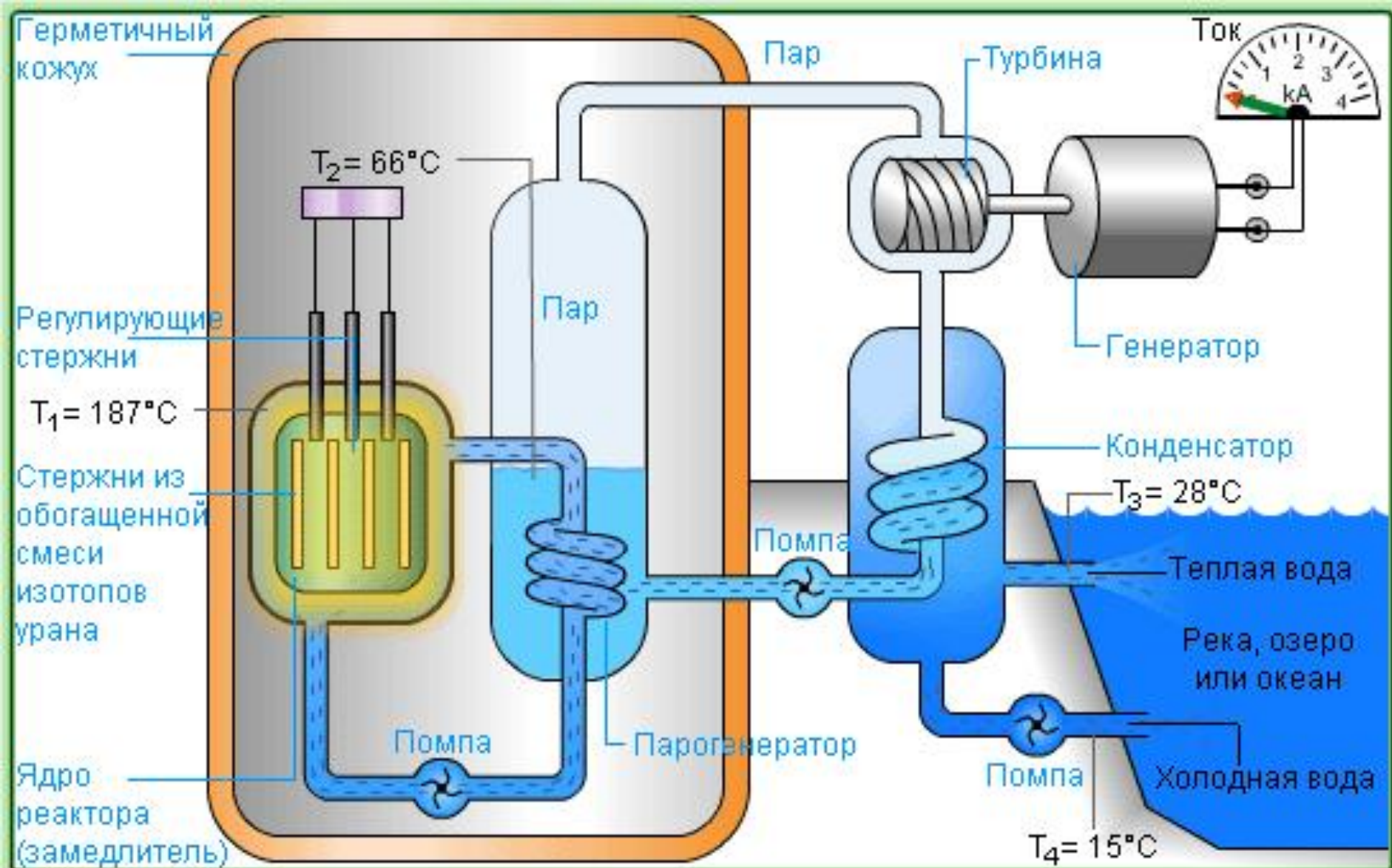
**ТВЭЛы**

замедлитель (H<sub>2</sub>O, С, Ве)

теплоноситель

**Коэффициент  
размножения нейтронов:**

$$k = N_{вступ}^{(n)} / N_{вступ}^{(n-1)}$$



- Показать надписи
- Условия процесса
- Насосы

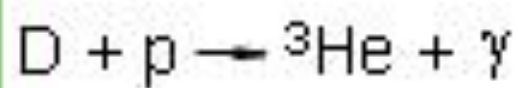
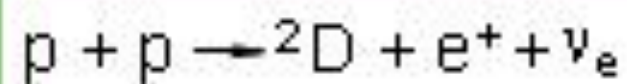
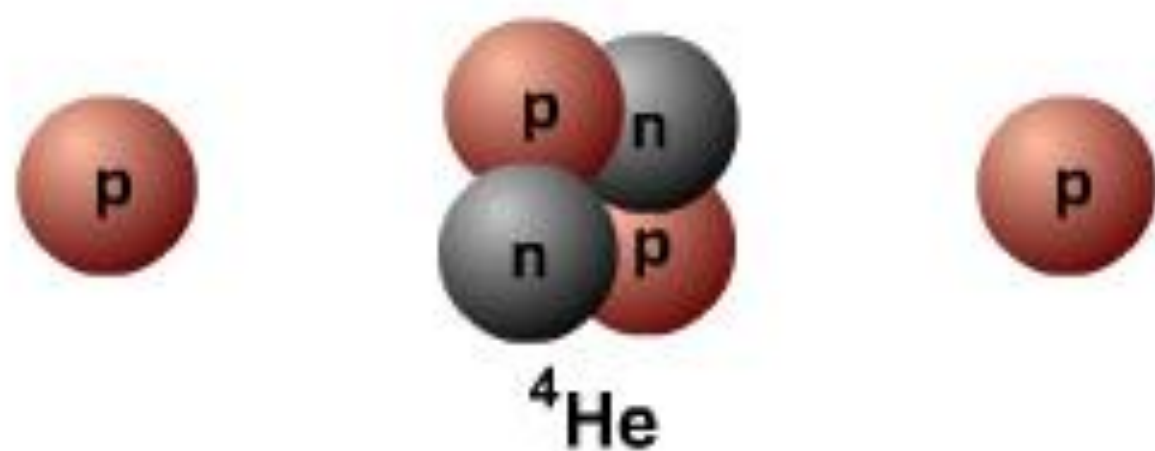
Управляющие стержни Опустить



# Тема 2. Ядерные реакции

- 2.2. Ядерные реакторы
- 2.3. Синтез ядер

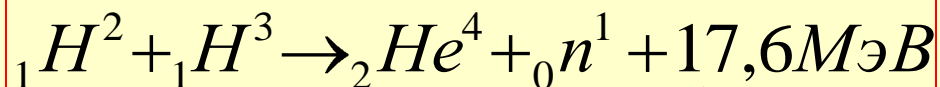
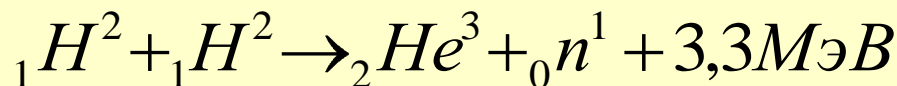
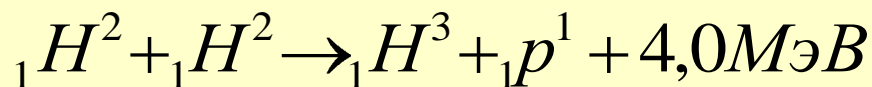




Стоп

Сброс

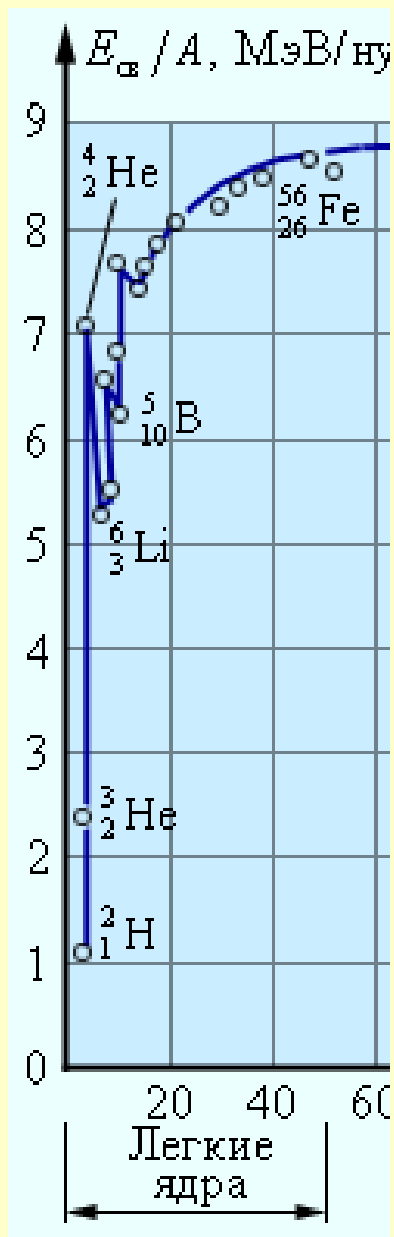
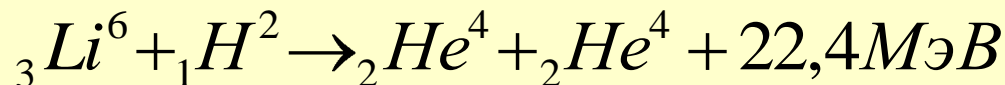
## Термоядерные реакции

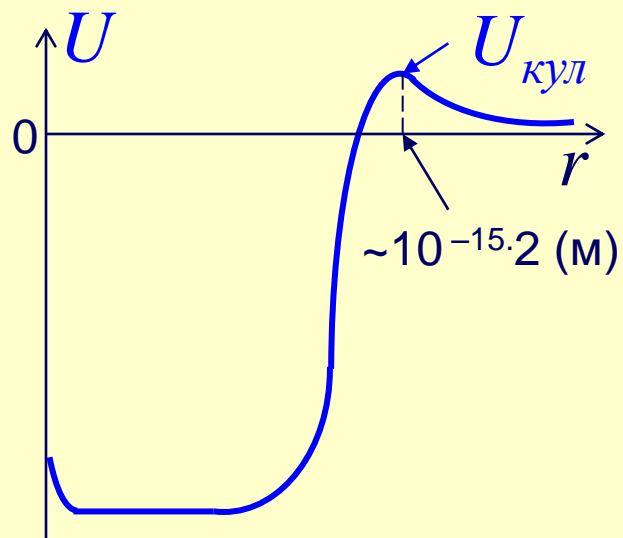


$E \sim 3,5$  МэВ на 1 нуклон (!)

Для сравнения: при делении  $U^{235}$

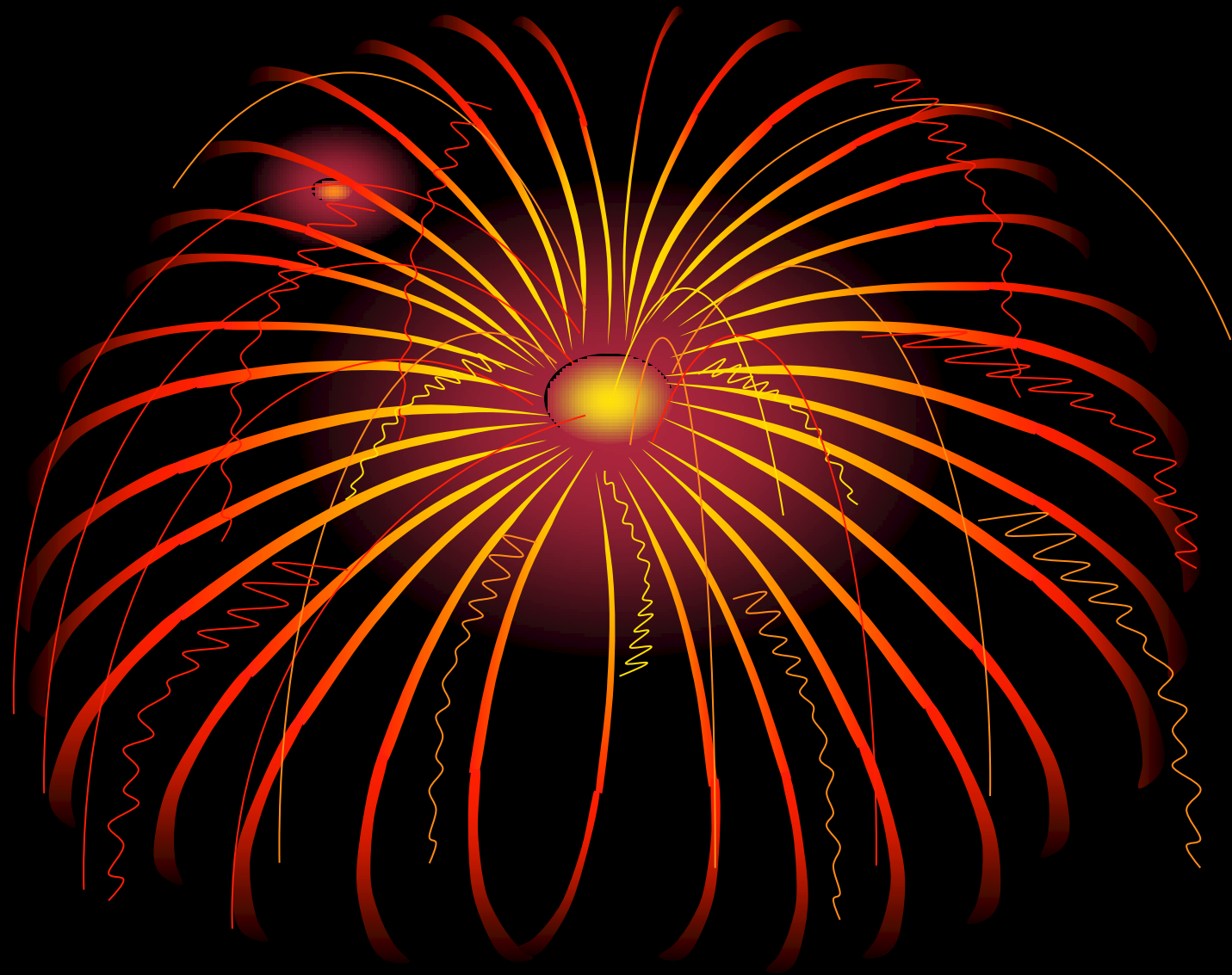
$E \sim 0,85$  МэВ/нукл



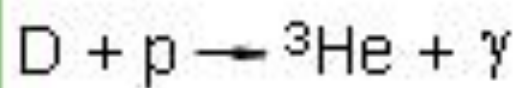
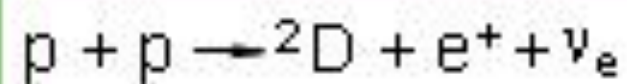
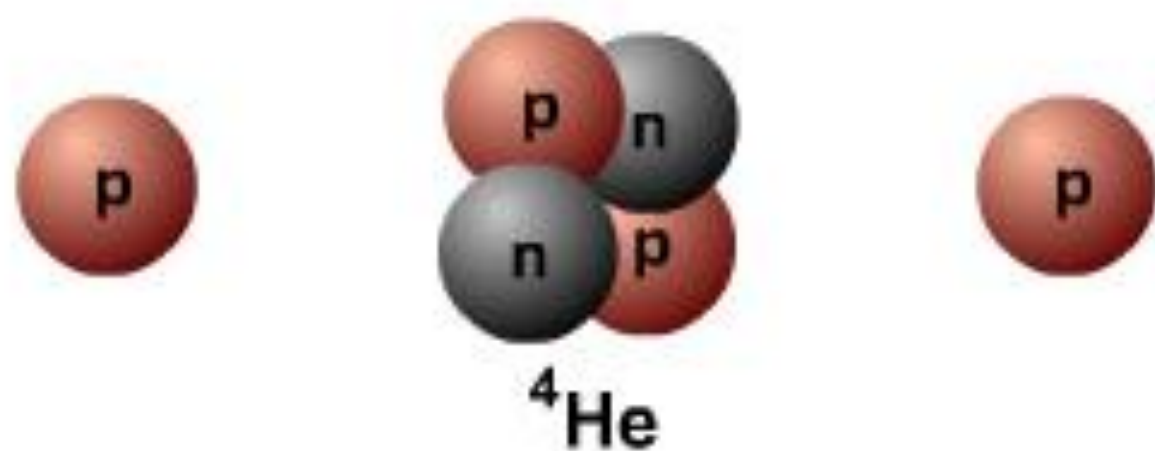


С учетом туннельного эффекта и  
неоднородного распределения по энергиям:

$$T_{\text{т/я}} \sim 10^7 \text{ K}$$



Энергия звезд

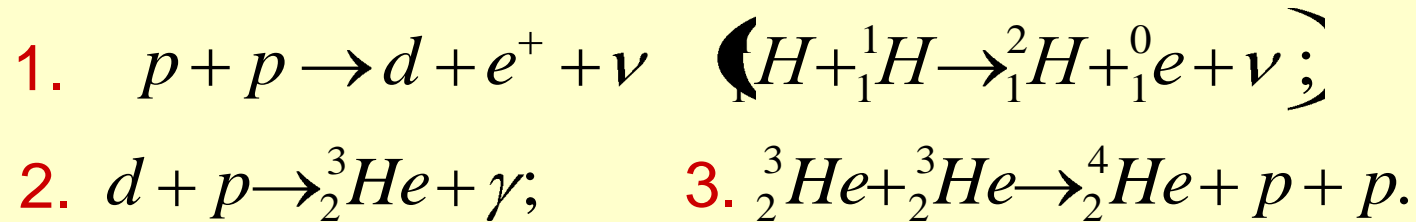


Стоп

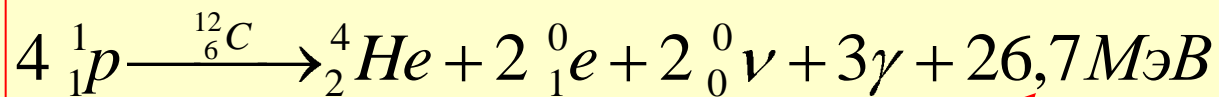
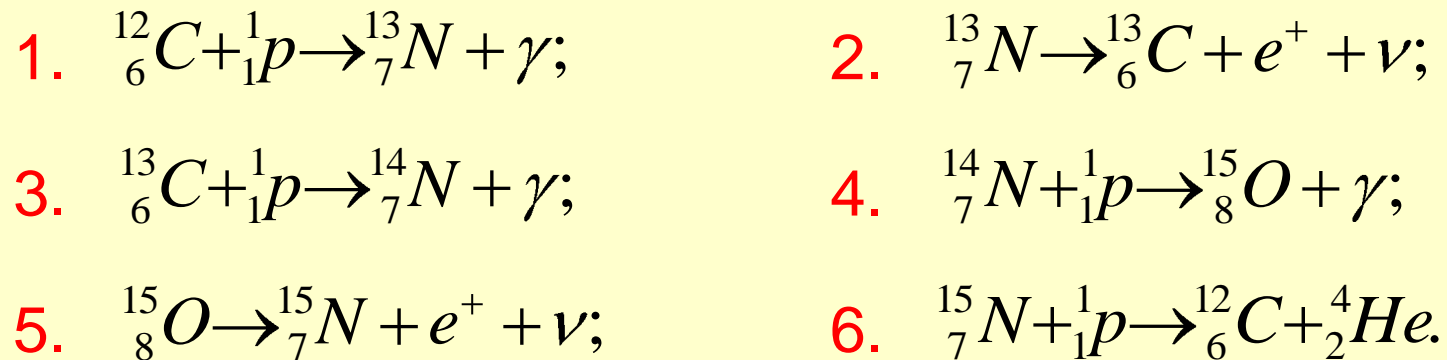
Сброс

Температура в недрах звезд  $\sim 10^7 - 10^8$  К

При более низких температурах идет **протон-протонный цикл**:



При более высоких температурах идет **углеродный цикл**:



$E \sim 6,7$  МэВ/нукл (!!)