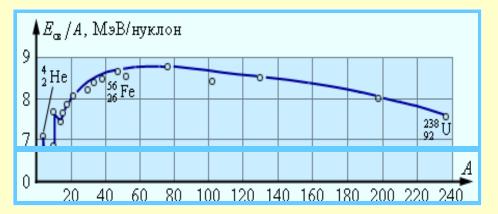
Тема 2. Ядерные реакции

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 U²³⁵:

 $E \approx 2.117.8,6 - 235.7,6 \sim 200 \text{ M} \ni B$

Для сравнения, при сжигании углерода: $C + O_2 = CO_2 + 5 \Rightarrow B$

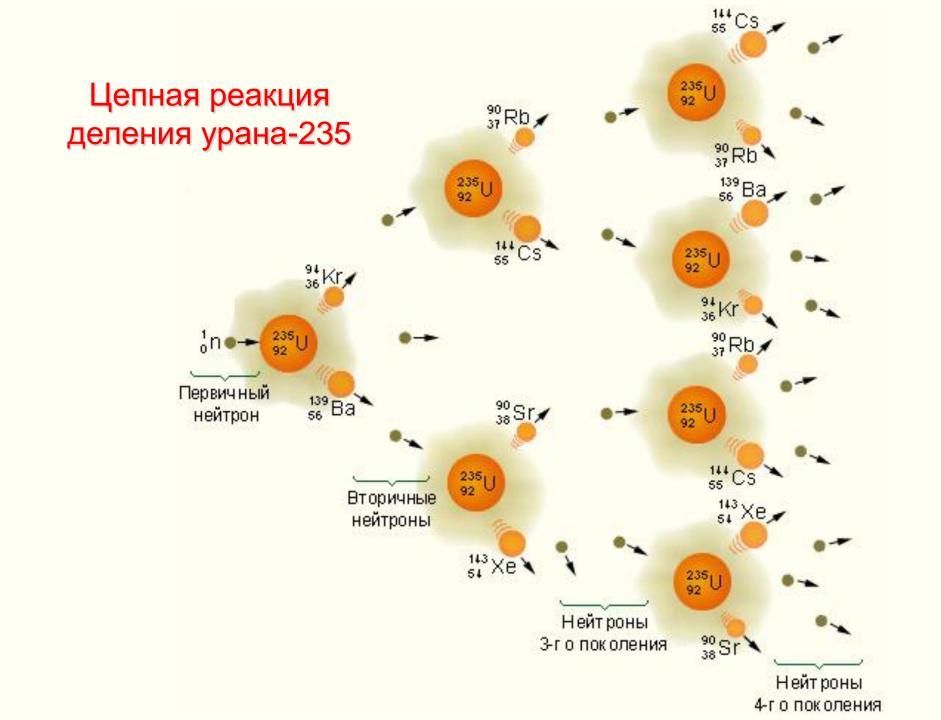
Пример реакции деления

$$_{92}U^{235} + n \rightarrow_{55} Cs^{140} +_{37} Rb^{94} + 2n$$

$$_{55}$$
 Cs^{140} $\xrightarrow{\beta^{-}}$ $_{56}$ Ba^{140} $\xrightarrow{\beta^{-}}$ $_{57}$ La^{140} $\xrightarrow{\beta^{-}}$ $_{58}$ Ce^{140} устойчивые $_{37}$ Rb^{94} $\xrightarrow{\beta^{-}}$ $_{38}$ Sr^{94} $\xrightarrow{\beta^{-}}$ $_{39}$ Y^{94} $\xrightarrow{\beta^{-}}$ $_{40}$ Zr^{94} Ядра

Тема 2. Ядерные реакции

- 2.1. Деление ядер
- 2.2. Ядерные реакторы





Условие для самоподдерживающейся цепной реакции:

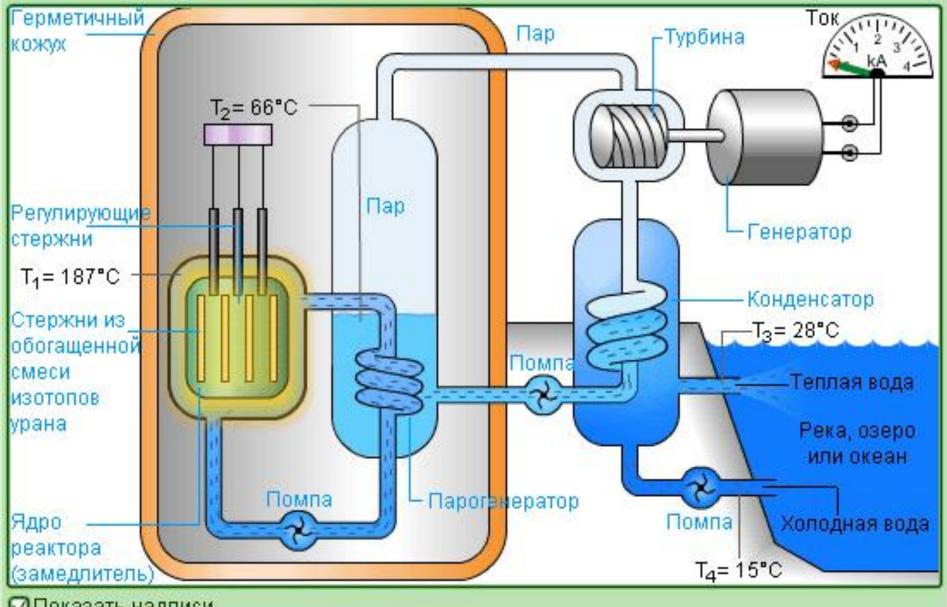
$$N_{ecmyn}^{(n)} \ge N_{ecmyn}^{(n-1)}$$

Управляющие стержни (B, Cd) Отражатель

Коэффициент размножения нейтронов:

$$k = N_{\text{ecmyn}}^{(n)} / N_{\text{ecmyn}}^{(n-1)}$$

Активная зона: ТВЭЛы замедлитель (H_2O , C, Be) теплоноситель



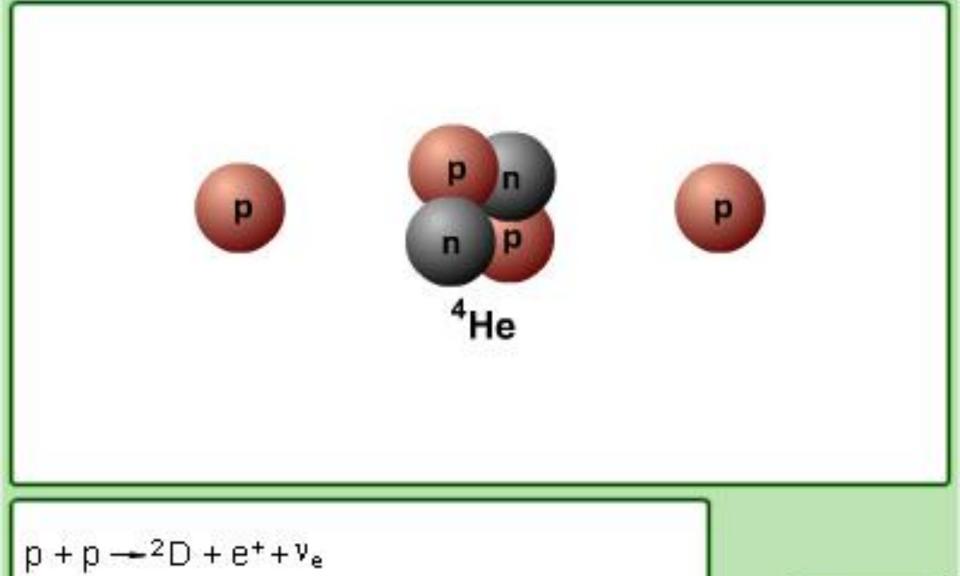
- Условия процесса
- **⊘**Насосы

Управляющие стержни

Опустить

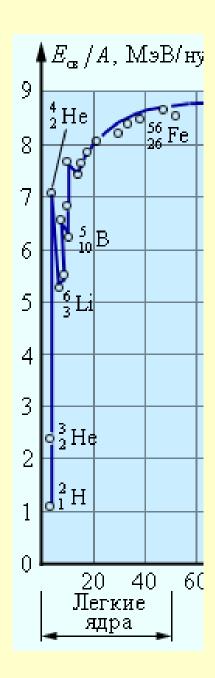
Тема 2. Ядерные реакции

- 2.2. Ядерные реакторы
- 2.3. Синтез ядер



Стоп

Сброс



Термоядерные реакции

$$_{1}H^{2}+_{1}H^{2}\rightarrow_{1}H^{3}+_{1}p^{1}+4,0M\ni B$$

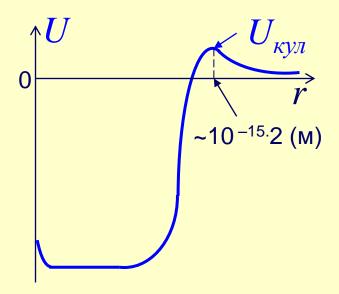
$$_{1}H^{2}+_{1}H^{2}\rightarrow_{2}He^{3}+_{0}n^{1}+3,3M\ni B$$

$$_{1}H^{2} + _{1}H^{3} \rightarrow _{2}He^{4} + _{0}n^{1} + 17,6M9B$$

Е ~ 3,5 МэВ на 1 нуклон (!)

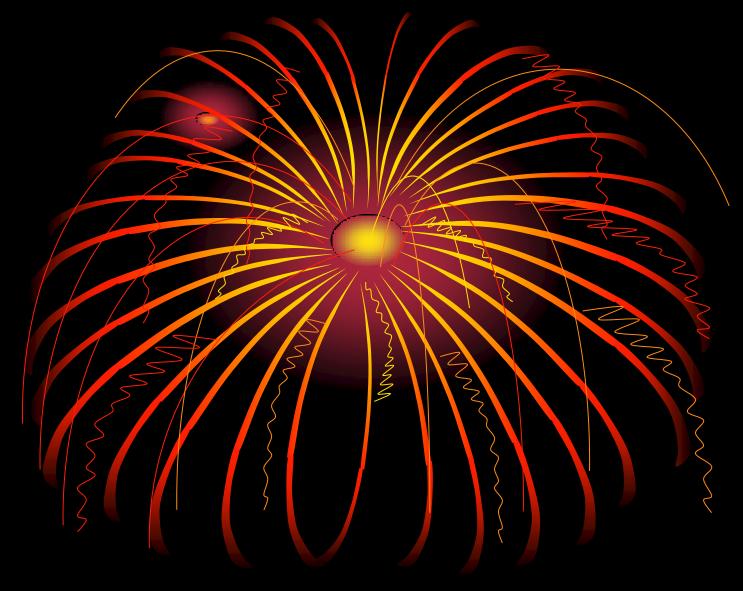
Для сравнения: при делении U^{235} E ~ 0,85 МэВ/нукл

$$_{3}Li^{6}+_{1}H^{2}\rightarrow_{2}He^{4}+_{2}He^{4}+22,4M\ni B$$

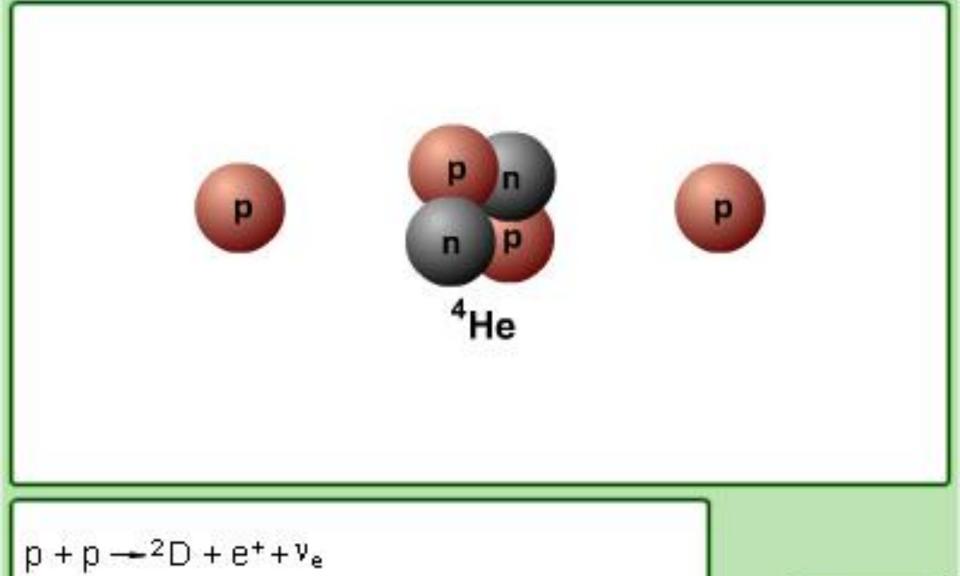


С учетом туннельного эффекта и неоднородного распределения по энергиям:

$$T_{m/s} \sim 10^7 K$$



Энергия звезд



D + p
$$-$$
 ³He + γ
³He + ³He $-$ ⁴He + 2p

Стоп

Сброс

Температура в недрах звезд $\sim 10^7 - 10^8 \, \mathrm{K}$

При более низких температурах идет протон-протонный цикл:

1.
$$p+p \rightarrow d+e^{+}+v$$
 $(H+_{1}^{1}H \rightarrow_{1}^{2}H+_{1}^{0}e+v)$

2.
$$d + p \rightarrow_2^3 He + \gamma$$
; 3. $_2^3 He + _2^3 He \rightarrow_2^4 He + p + p$.

При более высоких температурах идет углеродный цикл:

1.
$${}_{6}^{12}C + {}_{1}^{1}p \rightarrow {}_{7}^{13}N + \gamma;$$

2.
$${}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + e^{+} + \nu;$$

3.
$${}_{6}^{13}C + {}_{1}^{1}p \rightarrow {}_{7}^{14}N + \gamma;$$

4.
$${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{15}_{8}O + \gamma;$$

5.
$${}^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + e^{+} + \nu;$$

6.
$${}_{7}^{15}N + {}_{1}^{1}p \rightarrow {}_{6}^{12}C + {}_{2}^{4}He$$
.

$$4 {}_{1}^{1}p \xrightarrow{}_{6}^{12}C \rightarrow {}_{2}^{4}He + 2 {}_{1}^{0}e + 2 {}_{0}^{0}v + 3\gamma + 26,7M9B$$

Е ~ 6,7 МэВ/нукл (!!)