

Ланцюгова ядерна реакція. Ядерний реактор

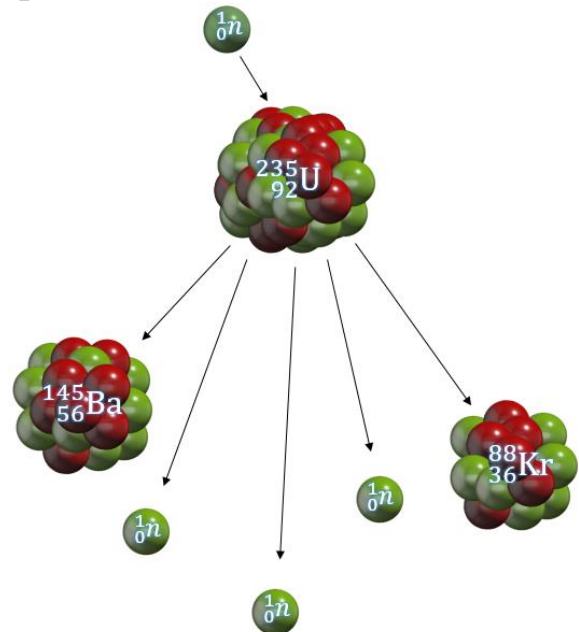
Як допомагають дослідження з ядерної фізики забезпечувати людство енергією?

1. Поділ важких ядер і ланцюгова ядерна реакція

В 1938 р. німецькі радіохіміки Отто Ган (1879–1968) і Фріц Штрассман (1902 – 1980) проводили досліди з опроміненням урану нейтронами. У ході дослідів було виявлено барій та деякі інші елементи.

Австралійський радіохімік Ліза Мейтнер (1878–1968) і англійський фізик Отто Фріш (1904–1979) дійшли висновку, що ядро Урану (важке ядро), поглинаючи нейтрон, «лускає» – розпадається на більш легкі ядра.

Розщеплення ядра – поділ важкого атомного ядра на два (рідше три) ядра, які називають осколками поділу.



- Чи можуть нейтрони, що утворилися під час поділу одного ядра урану викликати поділ інших ядер урану?

Так, можуть. При цьому кількість нейтронів зростає лавиноподібно й виникає так звана ланцюгова ядерна реакція, яка підтримується без зовнішнього опромінювання урану нейтронами.

Ланцюгова ядерна реакція – це процес, у якому одна проведена реакція викликає подальші реакції такого самого типу.

Ланцюгова ядерна реакція супроводжується виділенням величезної кількості енергії.

Під час поділу одного ядра Урану виділяється лише $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж енергії, проте якщо розпадуться всі ядра, що містяться, наприклад, в одному молі урану (235 г Урану; $6,02 \cdot 10^{23}$ ядер), енергія, яка виділиться, дорівнюватиме приблизно $19,2 \cdot 10^{12}$ Дж. Стільки ж енергії виділиться, якщо спалити, наприклад, 450 т нафти.

2. Ядерний реактор

- Яке практичне застосування ланцюгової ядерної реакції?

Ядерний реактор – пристрій, призначений для здійснення керованої ланцюгової реакції поділу, яка завжди супроводжується виділенням енергії.

У ядерних реакторах ядерне паливо (уран або плутоній) розміщують усередині так званих *тепловидільних елементів* (ТВЕЛів). Продукти поділу нагрівають оболонки ТВЕЛів, і ті передають енергію воді, яка в даному випадку є теплоносієм. Отримана енергія перетворюється далі на електричну подібно до того, як це відбувається на звичайних теплових електростанціях.

Щоб керувати ланцюговою ядерною реакцією та унеможливити ймовірність вибуху, використовують *регулюючі стрижні*, виготовлені з матеріалу, що добре поглинає нейтрони. Так, якщо температура в реакторі збільшується, стрижні автоматично заглиблюються в проміжки між ТВЕЛами, в результаті кількість нейтронів, що вступають у реакцію, зменшується і ланцюгова реакція сповільнюється.

3. Термоядерна реакція

• Що буде якщо взяти ядра ізотопів легких елементів, наприклад ядро Дейтерію і ядро Тритію та їх з'єднати?

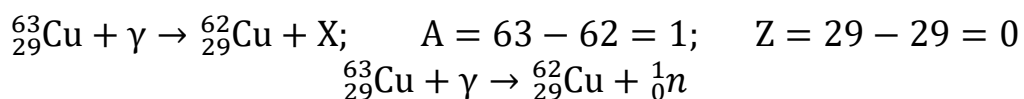
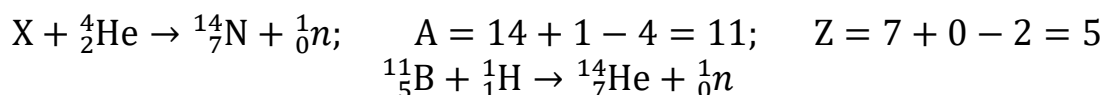
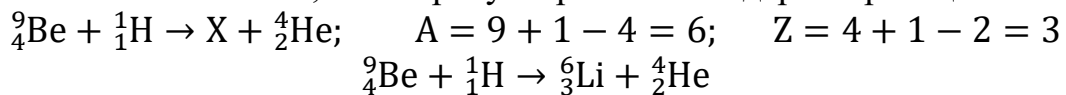
Термоядерний синтез – це реакція злиття легких ядер у більш важкі, яка відбувається за дуже високих температур (понад 10^7 °C) і супроводжується виділенням енергії.

Високі температури, тобто великі кінетичні енергії ядер, потрібні для того, щоб подолати сили електричного відштовхування ядер (однойменно заряджених частинок).

У природі термоядерні реакції відбуваються в надрах зір, де ізотопи Гідрогену перетворюються на Гелій. Так, за рахунок термоядерних реакцій, що відбуваються в надрах Сонця, воно щосекунди випромінює в космічний простір $3,8 \cdot 10^{26}$ Дж енергії.

Розв'язування вправ

1. Напишіть позначення, яких бракує в рівняннях ядерних реакцій:



2. Яка кількість енергії виділиться під час поділу ядер усіх атомів Урану, які містяться в 1,95 кг урану?

Дано:

$$m = 1,95 \text{ кг}$$

$$m_0 = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$E = ?$$

Розв'язання

$$E = NE_0; \quad N = \frac{m}{m_0} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{m}{m_0} E_0$$

$$[E] = \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \cdot \text{Дж} = \text{Дж}$$

$$E = \frac{1,95}{3,9 \cdot 10^{-25}} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11} = 1,6 \cdot 10^{14} (\text{Дж})$$

Відповідь: $E = 1,6 \cdot 10^{14}$ Дж.

3. Яка маса Урану-235 знадобиться, щоб за рахунок енергії поділу ядер атомів нагріти 10 000 т води на 10°C ?

Дано:

$$m_B = 10000 \text{ т} = 10^7 \text{ кг}$$

$$\Delta t = 10^\circ\text{C}$$

$$m_0 = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$c_B = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$m_U = ?$$

Розв'язання

1 спосіб

$$E = NE_0; \quad N = \frac{E}{E_0} \Rightarrow E = \frac{m_U}{m_0} E_0$$
$$Q = c_B m_B \Delta t$$

$$\frac{m_U}{m_0} E_0 = c_B m_B \Delta t \Rightarrow m_U = \frac{c_B m_B \Delta t m_0}{E_0}$$

2 спосіб

$$m_U = Nm_0; \quad N = \frac{E}{E_0}; \quad E = Q = c_B m_B \Delta t$$
$$m_U = \frac{c_B m_B \Delta t m_0}{E_0}$$

$$[m_U] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{кг}}{\text{Дж}} = \text{кг}$$

$$m_U = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 10^7 \cdot 10 \cdot 3,9 \cdot 10^{-25}}{3,2 \cdot 10^{-11}} \approx 5,12 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m_U \approx 5,12 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.