

Ланцюгова ядерна реакція. Ядерний реактор.

Мета: сформувати знання про ланцюгову ядерну реакцію, будову ядерного реактора, про реакцію термоядерного синтезу.

Очікувані результати: учні повинні знати, як відбувається розщеплення ядра, розуміти механізм ланцюгової реакції, вміти характеризувати ядерний реактор як фізичний пристрій, давати означення термоядерної реакції.

Тип уроку. Засвоєння нових знань.

Прилади та матеріали для роботи з учнями:

- Підручник.
- Відеофільм [Ядерні реакції](#)
- Відеофільм [Ланцюгова ядерна реакція. АЕС](#)
- Відеофільм [Розщеплення ядра](#)
- Відеофільм [Принцип роботи ядерного реактора](#)

План

1. Актуалізація опорних знань.
2. Вивчення нового матеріалу.
3. Вчимося розв'язувати задачі.
4. Запитання на закріплення вивченого.
5. Домашнє завдання.
6. Для допитливих.

Хід уроку

1. Актуалізація опорних знань.

Перевірка домашнього завдання.

Усне опитування:

1. У чому виявляється біологічна дія радіації на організми?
2. Дайте означення поглинутої дози йонізуючого випромінювання. Якою є її одиниця в СІ?
3. Як обчислюють еквівалентну дозу йонізуючого випромінювання? Якою є її одиниця в СІ?
4. Якими є особливості впливу радіації? Чим зумовлена підвищена небезпека радіонуклідів, що потрапили в організм?
5. Назвіть причини, через які ви завжди і незалежно від того, де живете, зазнаєте впливу радіації.
6. Що таке радіаційний фон? Із яких компонентів він складається?
7. Назвіть джерела радіаційного фону Землі.
8. Для чого призначені дозиметри? Яким є принцип їхньої дії?
9. Навіщо продукти харчування, перш ніж упакувати їх у герметичну тару, опромінюють γ -випромінюванням?
10. Де природний радіоактивний фон вищий: поблизу гранітних кар'єрів чи на поверхні моря?

2. Вивчення нового матеріалу.

XX ст. можна сміливо назвати атомним, адже саме в цьому столітті людина відкрила та почала приборкувати енергію атомного ядра.

1. Поділ важких ядер і ланцюгова ядерна реакція

Ядерну реакцію поділу атомних ядер уперше спостерігали у 1939 р. німецькі вчені [О. Ган](#) і [Ф. Штрасман](#). Вони встановили, що під час бомбардування ядер атомів Урану нейтронами вони діляться на дві приблизно однакові частинки.

Внаслідок кожного такого поділу вивільняється 2-3 нейтрони і близько 200 МеВ енергії.

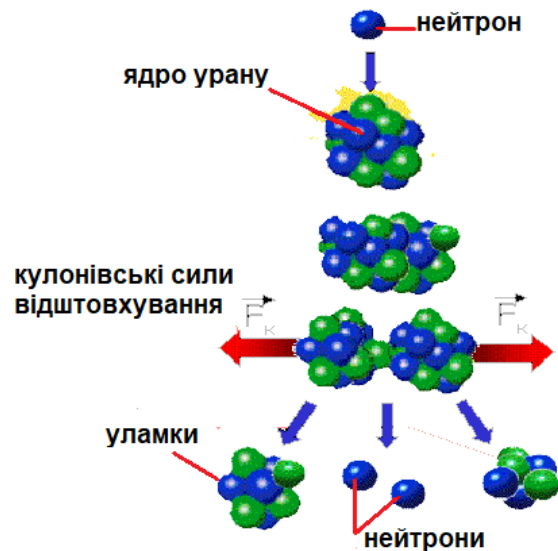
Так було відкрито **розщеплення ядра** — поділ важкого атомного ядра на два (рідше три) ядра, які називають осколками поділу.

Схема поділу ядер Урану

Частина нейтронів захоплюється ядрами Урану.

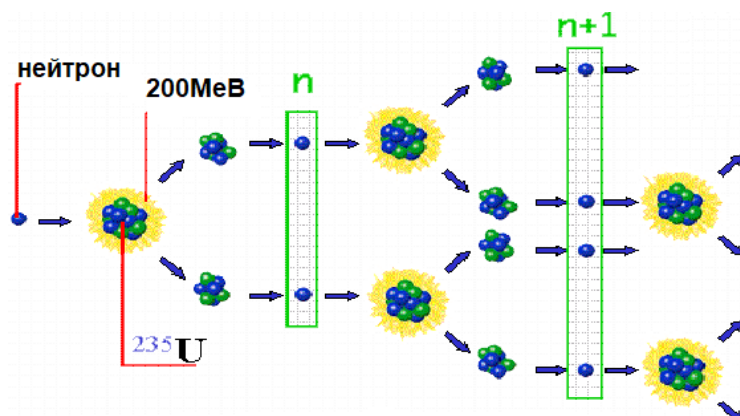
Ядро переходить у збуджений стан й набуває витягнутої форми, поступово розтягуючись.

Збуджене ядро розпадається на два уламки, при цьому вивільняється два – три нейтрони. Уламки й нейтрони набувають кінетичної енергії й розлітаються з великими швидкостями.

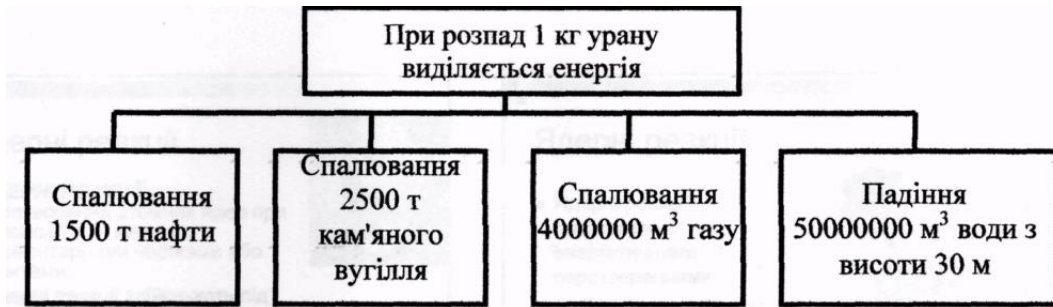


Будь-який з нейтронів, що вилітає з ядра в процесі поділу, може, у свою чергу, спричинити поділ сусіднього ядра, що також випускає нейтрони, здатні призвести до подальшого поділу. У результаті число ядер, що діляться, дуже швидко збільшується. Виникає ланцюгова реакція.

Ланцюговою ядерною реакцією називається реакція, у якій нейтрони утворюються як продукти цієї реакції.

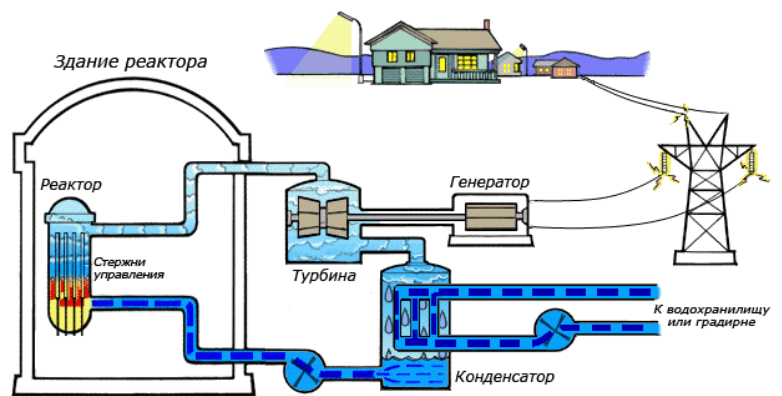


Ланцюгова ядерна реакція супроводжується виділенням величезної кількості енергії



2. Будова ядерного реактора

Ланцюгову ядерну реакцію вчені й інженери змогли зробити керованою: для цього необхідно було забезпечити, щоб кількість ядер, що діляться, в одиницю часу залишалася постійною. Уперше керована ланцюгова реакція поділу ядер урану була здійснена 1942 р. у США під керівництвом італійського фізика [Енріко Фермі](#).



Ядерним реактором називається пристрій, у якому виділяється теплова енергія в результаті керованої ланцюгової реакції поділу ядер.

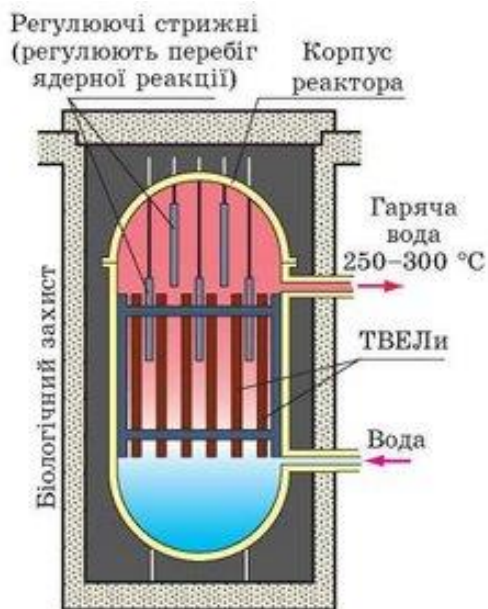


Рис. 26.3. Схема будови ядерного реактора

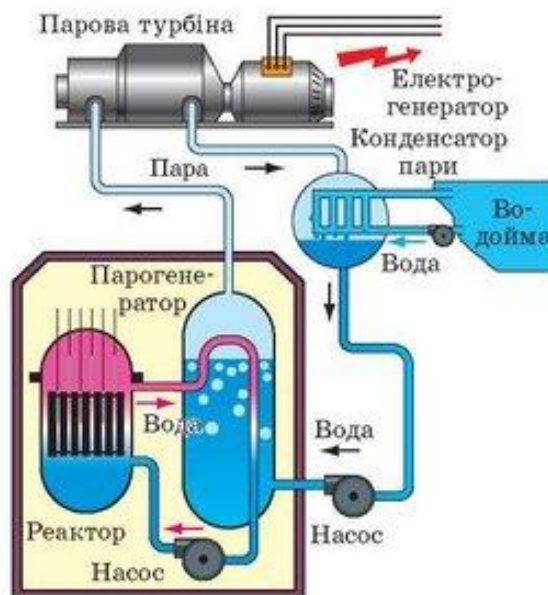


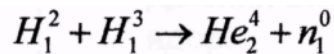
Рис. 26.4. Принцип роботи атомної електростанції

3. Термоядерна реакція

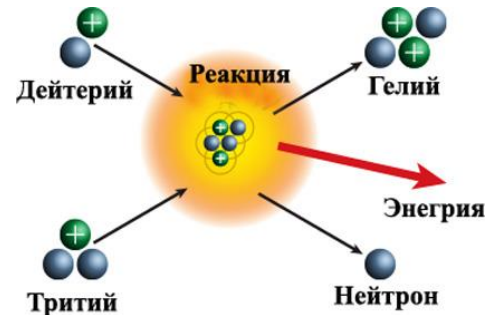
Існує ще один тип ядерних реакцій- це так звані термоядерні реакції.

Реакцію злиття легких ядер у більш важкі, яка відбувається за дуже високих температур (понад 107 °С) і супроводжується виділенням енергії, називають **термоядерною реакцією**.

На сьогоднішній день на Землі можлива лише некерована термоядерна реакція (поки що, напевно) у водневій бомбі. На Сонці здійснюється реакція злиття Дейтерію із Тритієм



Енергія, яка при цьому виділяється становить 17,6 МеВ. За деякими прогнозами фахівців, за 30-40 років може розпочатися ера промислового використання термоядерних реакцій.



3. Вчимося розв'язувати задачі

Задача 1. На яку висоту можна підняти кам'яну брилу масою 1000 тонн за рахунок енергії, що виділяється під час радіоактивного розпаду 1 г урану? В 1 г урану міститься близько $2,6 \cdot 10^{21}$ атомів Урану. Під час розпаду одного атома Урану виділяється енергія, яка дорівнює 200 МеВ.

Дано:

$$m = 10^6 \text{ кг}$$

$$m_1 = 1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$$

$$N = 2,6 \cdot 10^{21}$$

$$E_0 = 200 \text{ МеВ} = 320 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

h - ?

Розв'язання:

Потенціальна енергія тіла:

$$E = mgh$$

Енергія, що виділяється під час розпаду атомів:

$$E = NE_0$$

Отже,

$$mgh = NE_0$$

Звідси

$$h = \frac{NE_0}{mg}$$

$$h = \frac{2,6 \cdot 10^{21} \cdot 320 \cdot 10^{-13}}{10^6 \cdot 10} = 8320 \text{ (м)} = 8,32 \text{ км}$$

Відповідь: 8,32 км.

Задача 2. Визначити масу урану, який витрачається протягом ста днів на атомній електростанції з корисною потужністю 400 МВт, якщо ККД АЕС 20%, а під час поділу одного ядра атома урану виділяється енергія 200 МеВ. Маса одного ядра Урану-235 дорівнює $3,9 \cdot 10^{-25}$ кг.

Дано:

$$m_0 = 3,9 \cdot 10^{-11} \text{ кг}$$

$$t = 100 \text{ днів} = 8640000 \text{ с}$$

$$P = 400 \text{ МВт} = 400 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

$$\eta = 20 \% = 0,2$$

$$E_0 = 200 \text{ МеВ} = 320 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

m - ?

Розв'язання

За означенням ККД:

$$\eta = \frac{A}{E}$$

Корисна робота:

$$A = Pt$$

Повна енергія, що виділяється:

$$E = N \cdot E_0$$

Кількість ядер в урановому паливі:

$$N = \frac{m}{m_0}$$

Отже,

$$\eta = \frac{m_0 Pt}{m E_0}$$

Звідси

$$m = \frac{m_0 Pt}{\eta E_0}$$

$$m = \frac{3,9 \cdot 10^{-11} \cdot 4 \cdot 10^8 \cdot 864 \cdot 10^4}{0,2 \cdot 320 \cdot 10^{-13}} = 213,52 \text{ кг}$$

Відповідь: 213,52 кг

4. Запитання на закріплення вивченого.

1. Які процеси відбуваються внаслідок поглинання нейтрона ядром Урану?
2. Опишіть механізм ланцюгової ядерної реакції.
3. Які перетворення енергії відбуваються в ядерних реакторах?
4. Як працює атомна електростанція?
5. Який процес називають термоядерним синтезом?
6. Звідки «беруть» енергію зорі?

5. Домашнє завдання.

Вивчити параграф 26; виконати: вправа 26 (2).

6. Для допитливих.

Природний атомний реактор «Окло» - виявлений біля міста Окло (Габон, Африка) у покладах урану, які сьогодні видобувають відкритим способом. 1,7 млрд років назад у покладах урану проходила самовільна ланцюгова реакція ділення ядер урану.

В даний час реакція припинилася через виснаження запасів ізотопу ^{235}U підходящої концентрації.



Ланцюгова ядерна реакція розщеплення розпочалася і підтримувалася спонтанно в результаті виникнення необхідних і достатніх для неї умов - розмір родовища перевищує середню довжину пробігу нейтронів, які викликають розщеплення, концентрація урану-235 - достатня для реакції (близько 3%), наявність речовини, здатної сповільнювати нейтрони, випущені при розщепленні ядер урану з тим, щоб вони ефективніше викликали розщеплення інших ядер урану, відсутність у масі руди помітних кількостей Бору, Літію та інших елементів, які активно поглинають нейтрони і можуть викликати зупинку ядерної реакції. Всі ці умови склалися близько 2 млрд років тому принаймні на 16 ділянках у межах Окло та ОкеLOBондо. Природні реактори працювали циклічно — вмикалися і вимикалися. Найбільш вірогідний механізм цього явища передбачає участь ґрунтових вод, які вилипали після того, як температура досягала критичного рівня. При випаровуванні води, яка діяла як сповільнювач нейтронів, ланцюгова реакція тимчасово припинялася, а після того, як зона реакції остигала, в неї знову проникали ґрунтові води і ланцюгова ядерна реакція розщеплення, очевидно, оновлювалася. Періоди «увімкненого» стану реактора становили близько 30 хвилин, а «вимкненого» — 2,5 годин. Цей механізм не дозволяв породам ні розплавитися, ні вибухнути та існував упродовж сотень тисяч років.

