

§ 36*. ЛАНЦЮГОВА ЯДЕРНА РЕАКЦІЯ. ЯДЕРНИЙ РЕАКТОР



«...Попередні епохи отримали назву від певних матеріалів: був вік кам'яний, бронзовий, залізний. Але жоден з них не відбувся би, якщо б людина не знала вогню. Справжнє багатство світу — його енергія», — писав Фредерік Содді у своїй книзі «Матерія та енергія». XX століття можна сміливо назвати атомним, адже саме в цьому столітті людина відкрила й почала приборкувати енергію атомного ядра.



Дізнаємося про ланцюгову ядерну реакцію

У 1939 р. було встановлено, що в результаті взаємодії ядра Урану-235 і нейтрона утворюється нове нестабільне ядро Урану ($^{236}_{92}\text{U}$), яке відразу розпадається на два осколки, що розлітаються з величезною швидкістю (рис. 36.1).

Під час поділу кожного ядра Урану звільняються 2–3 нейтрони. Ці нейтрони у свою чергу можуть спричинити поділ інших ядер Урану, які також випускають нейтрони, здатні викликати поділ ядер, і т. д. Таким чином кількість ядер, що поділилися, швидко збільшується (рис. 36.2). Цей процес одержав назву *ланцюгова ядерна реакція*.

Дуже важливим є той факт, що *ланцюгова ядерна реакція супроводжується виділенням величезної кількості енергії*.

Під час поділу кожного ядра Урану виділяється невелика кількість енергії — приблизно $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж. Проте, якщо розпадуться всі ядра, що містяться, наприклад, в одному молі урану ($6,02 \cdot 10^{23}$ ядер), енергія, яка виділиться, дорівнюватиме приблизно $19,2 \cdot 10^{12}$ Дж. Таку ж кількість енергії можна отримати, наприклад, при згорянні 450 т нафти!

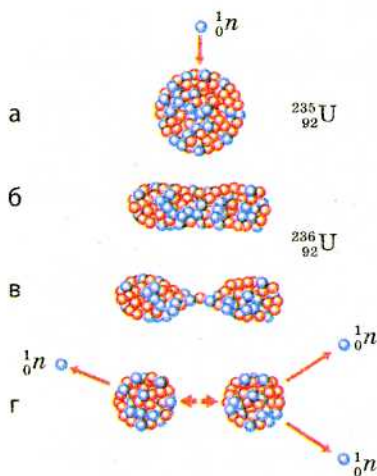


Рис. 36.1. Схема поділу ядер Урану. Поглинаючи нейтрон (а), ядро Урану збувжується й набуває витягнутої форми (б); поступово розтягується (в), нове нестійке ядро розпадається на два осколки (г)

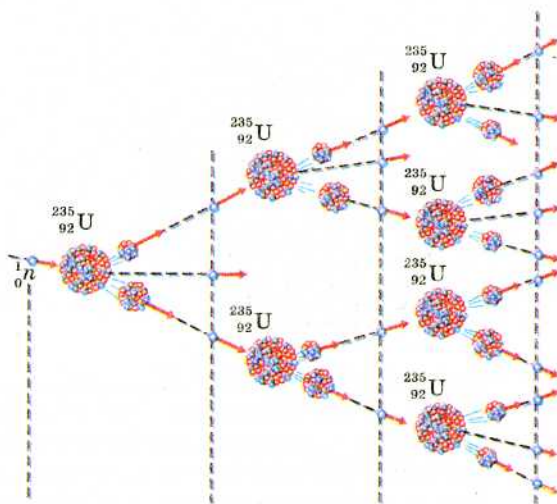


Рис. 36.2. Схематичне зображення ланцюгової ядерної реакції

2 Знайомимося з будовою і принципом дії ядерного реактора

Ланцюгова реакція, яка відбувається в урані й деяких інших речовинах, є основою для перетворення ядерної енергії на інші види енергії (теплову, електричну). Під час цієї реакції безперервно з'являються нові й нові осколки ядер, які летять із великою швидкістю. Якщо шматок урану занурити в холодну воду, то осколки гальмуватимуться у воді й нагріватимуть її. У результаті холодна вода стане гарячою або навіть перетвориться на пару. Саме так працює ядерний реактор, у якому відбувається процес перетворення ядерної енергії на теплову.

У реальних ядерних реакторах (рис. 36.3) ядерне паливо (уран або плутоній) розміщують усередині так званих *тепловидільних елементів* (ТВЕЛів). Продукти поділу нагрівають оболонки ТВЕЛів, і ті передають теплову енергію воді, яку в даному випадку ще називають *теплоносієм*. Отримана теплова енергія перетворюється далі на електричну (рис. 36.4) подібно до того, як це відбувається на звичайних теплових електростанціях.

3 Вводимо поняття «ядерний цикл»

Енергетична ефективність ядерного палива в тисячі разів вища, ніж палива традиційного (вуглеводневого). При цьому використання ядерного палива пов'язано з певними труднощами.

Так, щоб одержати кілограм палива з низькою ефективністю, наприклад, кілограм дров, досить сходити до лісу. Для того ж, щоб отримати кілограм ядерного палива, слід створити цілу промисловість. Крім того, після згоряння кілограма дров попіл можна просто розкидати. А що робити з ТВЕЛами, які відпрацювали свій ресурс?

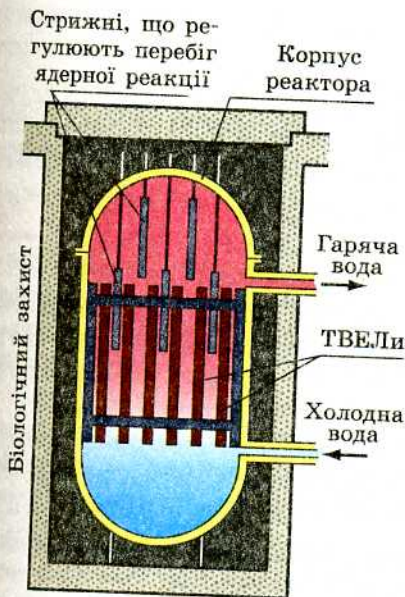


Рис. 36.3. Схема будови ядерного реактора

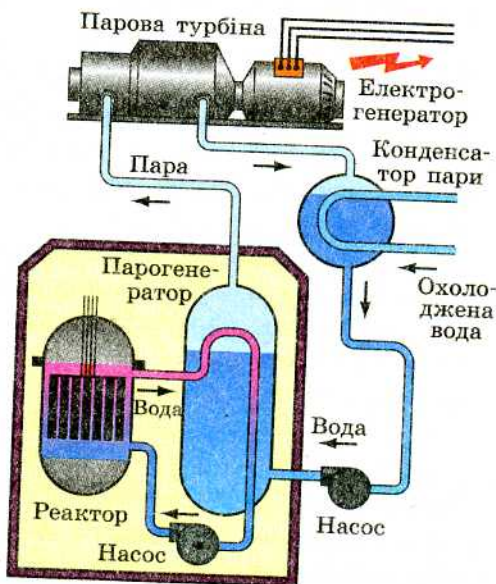


Рис. 36.4. Принцип роботи атомної електростанції



Рис. 36.5. Схема ядерного циклу

На рис. 36.5 наведено схему ядерного циклу. *Ядерний цикл* — це послідовність операцій видобування ядерного палива з руди, виготовлення ТВЕЛів, використання ТВЕЛів на атомних електростанціях і подальшого перероблення радіоактивних відходів.

В Україні є значні запаси уранової руди, яких вистачить не на одне десятиліття. Але щоб переробити руду на ядерне паливо, виготовити ТВЕЛі, необхідна спеціалізована промисловість (ланцюжок взаємопов'язаних виробництв), якої Україна в повному обсязі не має. Для українських атомних електростанцій ТВЕЛі виготовляють у Росії.

Після того як у ТВЕЛі розпадеться певна частина ядерного палива (фізики кажуть: «ТВЕЛ вигорів»), його замінюють на новий. Але де зберігати ТВЕЛі, вилучені з реактора, адже відомо, що ТВЕЛі, які відпрацьовували свій ресурс, дуже радіоактивні?

Зазвичай ТВЕЛі поміщують у спеціальні контейнери й розташовують глибоко під землею, де вони мають зберігатися протягом сотень років. Здавалося б, заражену зону навколо Чорнобильської

станції можна використовувати як сховище відпрацьованих ТВЕЛів, адже ця територія ще довго не буде придатною для чогось іншого. Крім того, місця для сховища можна передавати й іншим країнам. Однак чи варто створювати в Україні «радіоактивний смітник»? Поміркуйте над аргументами «за» і «проти».

! Підбиваємо підсумки

Поглинення ядром Урану нейтрона може спричинити розпад ядра. Ця реакція супроводжується звільненням нейтронів, які містяться у ядрі, а ті у свою чергу можуть спричинити поділ інших ядер, отже, відбуватиметься ланцюгова ядерна реакція. Під час такої реакції виділяється величезна енергія.

Процес перетворення ядерної енергії на теплову здійснюється в ядерних реакторах. Ядерне паливо розміщується всередині спеціального вузла, який називають тепловидільним елементом (ТВЕЛом). Продукти ядерної реакції гальмуються у ТВЕЛі та нагрівають його. ТВЕЛ передає теплову енергію теплоносію.

Послідовність операцій видобування ядерного палива з руди, виготовлення ТВЕЛів, використання ТВЕЛів на атомних електростанціях і подальшого перероблення радіоактивних відходів називають ядерним циклом.

? Контрольні запитання

1. Що відбувається під час взаємодії ядра Урану та нейтрона?
2. Опишіть механізм ланцюгової ядерної реакції.
3. Які перетворення енергії відбуваються в ядерних реакторах?
4. Перелічіть переваги й недоліки використання ядерного палива.
5. Яка послідовність операцій ядерного циклу?
6. Як утилізують радіоактивні відходи атомних електростанцій?