Тема: Фізичні основи ядерної енергетики

 Ланцюгова ядерна реакція

1939 року було з’ясовано, що внаслідок взаємодії ядра Урану-235 і нейтрона утвориться нове нестабільне ядро Урану 23692U, яке відразу ж розпадається на два осколки, що розлітаються з великою швидкістю.

Більшість великих осколків мають масове число A в межах 135-145, а дрібні – від 90 до 100. У результаті реакції ділення ядра Урану 23592U утворюються два або три

нейтрони. Одна з можливих реакцій ділення ядра Урану відбувається за схемою:



Ця реакція відбувається з утворенням трьох нейтронів. Можлива реакція з утворенням двох нейтронів:



O Діленням ядра називається ядерна реакція ділення важкого ядра, збудженого захопленням нейтрона, на дві приблизно рівні частини, названі осколками ділення.

Оскільки маса спокою важкого ядра більше від суми мас спокою осколків, що виникають під час ділення, то через це відбувається виділення енергії, еквівалентної зменшенню маси спокою.

Під час ділення кожного ядра Урану звільняються 2-3 нейтрони. Ці нейтрони, у свою чергу, можуть бути причиною ділення інших ядер Урану, які так само випускають нейтрони, здатні спричинити ділення ядер, і т. ін. Таким чином, число ядер, які діляться, швидко збільшується. Цей процес дістав назву ланцюгової ядерної реакції.

O Реакція, у якій кількість ядер, що діляться, збільшується з часом або залишається постійною, називається ланцюговою ядерною реакцією.

Суть цієї реакції полягає в тому, що випущені під час ділення одного ядра N нейтронів можуть спричинити ділення N ядер, у результаті чого буде випущено N2 нових нейтронів, які зумовлюватимуть ділення N2 ядер, і т. ін. Отже, число нейтронів, що народжуються в кожному поколінні, наростає в геометричній прогресії. Загалом процес має лавиноподібний характер, протікає досить швидко й супроводжується виділенням величезної кількості енергії.

 Ядерний реактор

Ланцюгова реакція, що відбувається в урані, є основою для перетворення ядерної енергії в інші види енергії.

Уперше керована ланцюгова реакція ділення ядер Урану була здійснена 1942 року в США під керівництвом італійського фізика Фермі.

Пристрій, у якому здійснюється керована ланцюгова ядерна реакція, називається ядерним реактором.

У ядерних реакторах ядерне паливо (уран або плутоній) розміщають усередині тепловидільних елементів (ТВЕЛ). Продукти ділення нагрівають оболонки ТВЕЛів, і вони передають теплову енергію воді, яку називають у цьому випадку теплоносієм. Отримана теплова енергія перетворюється далі в електричну енергію подібно до того, як це відбувається у звичайних теплових електростанціях.

Перетворення енергії відбувається за такою схемою:

O внутрішня енергія ядер Урану  кінетична енергія нейтронів і осколків ядер  внутрішня енергія води  внутрішня енергія пари  кінетична енергія пари  кінетична енергія ротора турбіни й ротора генератора  електрична енергія.

Під час ділення ядер стінки ТВЕЛів сильно нагріваються. Відведення тепла з активної зони здійснюється теплоносієм – водою. У потужних реакторах зона нагрівається до температури 300 °С.

Щоб уникнути закипання, вода виводиться з активної зони в теплообмінник під тиском близько 107 Па. У теплообміннику радіоактивна вода (теплоносій), що циркулює в першому контурі, віддає тепло звичайній воді, що циркулює в другому контурі. Передане тепло перетворює воду в другому контурі в пару. Ця пара температурою близько 230 °С під тиском 3 – 106 Па напрямляється на лопатки парової турбіни, яка обертає ротор генератора електричної енергії.

ПИТАННЯ:

1. Чому нейтрони виявляються найбільш зручними частинками для бомбардування атомних ядер?

2. Що відбувається у разі влучення нейтрона в ядро Урану?

3. Чому під час ділення ядер Урану виділяється енергія?

4. Які переваги атомних електростанцій порівняно з тепловими?

5. Які проблеми можуть виникнути через використання атомних електростанцій?

6. Чому природний уран не є атомним пальним і зберігання його не пов’язане з небезпекою вибуху?

7. Один-єдиний нейтрон може спричинити в шматку урану ланцюгову реакцію з виділенням величезної кількості енергії. Як може в цьому шматку з’явитися нейтрон? Звідки?

Розв’язання. Нейтрон може з’явитися за рахунок мимовільного ділення ядра Урану; при цьому кожне ділення дає 2-3 вільних нейтрони.

8. Визначте електричну потужність атомної електростанції, що витрачає за добу 440 г ізотопу Урану-235 і має ККД 20 %. Під час ділення одного ядра Урану 23592U виділяється 200 МеВ енергії.

Розв’язання. Скористаймося формулою для визначення потужності:  Теплову потужність знайдемо як відношення повної енергії, що виділяється під час ділення урану, до часу:



Повна енергія дорівнює  – кількість атомів Урану; NA – число Авогадро. Отже:



Остаточно одержуємо:



Перевіривши одиниці величин і підставивши числові значення, одержуємо, що електрична потужність АЕС 83 МВт.

Висновки:

– Діленням ядра називається ядерна реакція ділення важкого ядра, збудженого захопленням нейтрона, на дві приблизно рівні частини, що називаються осколками ділення.

– Реакція, у якій кількість ядер, що діляться, збільшується з часом або залишається постійною, називається ланцюговою ядерною реакцією.

– Пристрій, у якому здійснюється керована ланцюгова ядерна реакція, називається ядерним реактором.

Домашнє завдання: Знайдіть ККД атомної електростанції потужністю 500 МВт, якщо щодоби вона витрачає 2,35 кг урану-235. Уважайте, що під час кожного ділення ядра Урану виділяється енергія 200 МеВ.