

**Тема:** Ядерні реакції.

**Мета:** Вивчити поняття ядерної реакції, розглянути практичне застосування. Навчитись розв'язувати задачі, виховувати уважність, спостережливість, допитливість; розвивати єдину картину розвитку науки та історію.

**Хід заняття:**

### **1. Організаційний момент**

### **2. Актуалізація опорних знань**

Питання до теми: «Ядро. Радіоактивність. Радіаційне випромінювання.»

- що таке ядро? З чого воно складається?
- де записані всі ядра?
- які числа використовуються для характеристики ядер у таблиці Менделєєва?

Менделєєва?

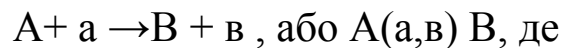
- які види нуклонів?
- як визначити кількість протонів? нейтронів?
- які ще заряджені частинки ми знаємо?
- як взаємодіють заряджені частинки?
- що означають приставки к, М, Г?
- які сили називають ядерними?
- характеристики ядерних сил?
- визначення  $\Delta E_{зв.}$
- хто записав формулу для визначення енергії зв'язку?

### **3. Вивчення нового матеріалу:**

*Ядерні реакції* - це перетворення атомних ядер внаслідок їх взаємодії з елементарними частками або між собою. Ядерні реакції відбуваються

переважно при бомбардуванні ядер якоїсь речовини потоком прискорення частинок.

Символічні ядерні реакції записують у вигляді:



A- початкове ядро;

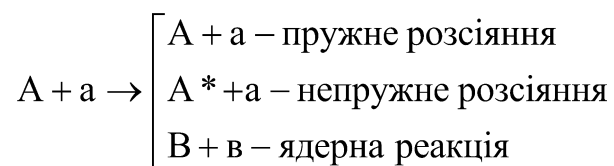
a- частинка, яка викликає ядерну реакцію;

V-нове ядро;

v- частинка, що виникає при реакції.

При ядерній реакції справджується закон збереження імпульсу, моменту імпульсу, енергії, електричного заряду, кількості нуклонів.

Але ядерна реакція в залежності від енергії частинки a може проходити і так



Всього відомо науці 10000 реакцій. У зв'язку з цим виникає необхідність класифікації ядерної реакції. Розглянемо різні види класифікацій в залежності від різних ознак.

I. За значенням **енергії частинок**, що викликають реакції:

а) при малих енергіях  $E \leq 1 \text{ кеВ}$ ,

б) низьких  $1 \text{ кеВ} \leq E \leq 1 \text{ МеВ}$

в) середніх  $1 \text{ МеВ} \leq E \leq 100 \text{ МеВ}$

г) значних  $100 \text{ МеВ} \leq E \leq 1 \text{ ГеВ}$

д) високих  $1 \text{ ГеВ} \leq E \leq 500 \text{ ГеВ}$

є) надвисоких  $E > 500 \text{ ГеВ}$ .

Для закріплення розв'яжемо завдання: Записати рівняння ядерної реакції:

$$F_9^{19} F_9^{19} + n_0^1 n_0^1 = \left\{ \begin{array}{l} F_9^{20} + \text{ для } E = 1,5\text{MeV} \\ O_8^{19} + \text{ для } E = 4 - 10\text{MeV} \\ F_9^{18} + 2 \text{ для } E = 10 - 20\text{MeV} \\ O_8^{15} + H_1^1 + 4 \text{ для } E = 20 - 40\text{MeV} \\ N_7^{13} + 2 H_1^1 + 5 \text{ для } E = 60 - 80\text{MeV} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_9^{20} + \text{ для } E = 1,5\text{MeV} \\ O_8^{19} + \text{ для } E = 4 - 10\text{MeV} \\ F_9^{18} + 2 \text{ для } E = 10 - 20\text{MeV} \\ O_8^{15} + H_1^1 + 4 \text{ для } E = 20 - 40\text{MeV} \\ N_7^{13} + 2 H_1^1 + 5 \text{ для } E = 60 - 80\text{MeV} \end{array} \right\}$$

Відповідь:

$$F_9^{19} F_9^{19} + n_0^1 n_0^1 = \left\{ \begin{array}{l} F_9^{20} + \gamma \text{ для } E = 1,5\text{MeV} \\ O_8^{19} + H_1^1 \text{ для } E = 4 - 10\text{MeV} \\ F_9^{18} + 2 n_0^1 \text{ для } E = 10 - 20\text{MeV} \\ O_8^{15} + H_1^1 + 4n_0^1 \text{ для } E = 20 - 40\text{MeV} \\ N_7^{13} + 2 H_1^1 + 5 n_0^1 \text{ для } E = 60 - 80\text{MeV} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_9^{20} + \gamma \text{ для } E = 1,5\text{MeV} \\ O_8^{19} + H_1^1 \text{ для } E = 4 - 10\text{MeV} \\ F_9^{18} + 2 n_0^1 \text{ для } E = 10 - 20\text{MeV} \\ O_8^{15} + H_1^1 + 4n_0^1 \text{ для } E = 20 - 40\text{MeV} \\ N_7^{13} + 2 H_1^1 + 5 n_0^1 \text{ для } E = 60 - 80\text{MeV} \end{array} \right\}$$

II. Залежно від **природи часток**, які беруть участь у ядерних реакція:

а) під дією *нейтронів*. Вони найчисленніші і мають велике практичне застосування. Причина цього полягає в тому, що нейтрон з будь-якою енергією вільно проникає в усі ядра атомів. Ряд наймасивніших ядер ( $U_{92}^{233}$ ,  $U_{92}^{235}$ ,  $Pu_{94}^{239}$ ) зазнає поділу при захопленні повільних нейтронів. Ці ядерні реакції лежать в основі роботи ядерних реакторів на повільних нейтронах. Ядра  $U_{92}^{239}$   $Th_{90}^{232}$  та інші важкі ядра зазнають поділу тільки під

дією швидких нейтронів. На таких реакціях ґрунтується робота реакторів на швидких нейтронах.

б) *заряджених частинок*. При наявності великої власної енергії зарядні частинки можуть підійти близько до ядра і викликати ядерну реакцію. Якщо енергія мала, то ядро почне відштовхувати зарядні частки (d – частки, протони)

в) *фотонів:  $\gamma$  – квантів*. Такі реакції можуть відбуватись, коли енергія  $\gamma$  - квантів більша за енергію зв'язку нуклона в ядрі. Вони називаються *фотоядерними реакціями*. Ядро може "вибухнути", роздробившись на велику кількість осколків, що нагадує зірку. Тому такий процес називають утворенням "зірок".

### III. За масовим числом:

- а) на легких ядрах ( $A < 50$ )
- б) на середніх ядрах ( $50 < A < 100$ )
- в) на масивних ядрах ( $A < 100$ )

### IV. В залежності від проходження ядерної реакції **енергія**:

- а) поглинається,  $Q < 0$  то реакція називається *ендотермічною*;
- б) виділяється,  $Q > 0$  то реакція називається *екзотермічною*.

### V. В залежності від участі **людини**:

а) *некеровані* – людина не може вплинути на процес проходження реакції.

Поділ важкого ядра являє собою процес його перетворення в два або кілька ядер. Вимушений поділ відбувається під дією нейтронів, тому і являє собою ядерну реакцію.

Початок вивчення був покладений у 1934р Фермі

Розглянемо поділ масивних ядер при бомбардуванні їх нейтронами. Після проникнення нейтрона в ядро утворюється складене ядро. Його енергія збільшиться на суму енергії зв'язку і кінетичної енергії нейтрона. При захопленні ядром нейтрона воно приходить у збуджений стані відбувається відхилення його форми від сферичної ( деформується і набирає форми еліпсоїда обертання → набуває форми гантелі → розпадається на два осколки) (слайд).

Отже, під час поділу ядер урану при захопленні ними нейтронів виділяється значна енергія ( $\sim 200\text{MeV}$ ) і виникають 2-3 нейтрони, які здатні за певних умов викликати поділ наступних ядер урану.

Ядерні реакції поділу важких ядер нейтронами, в результаті яких число нейтронів зростає і стає можливим само підтримуючий процес поділу, називається *ланцюговою ядерною реакцією*. Характеризується коефіцієнтом розмноження  $K$ -число, що визначає відношення кількості нейтронів одного покоління до кількості нейтронів попереднього покоління. В залежності від значення коефіцієнта розмноження, реакція може бути:

$K < 1$  – реакція згасає;

$K = 1$  – керована;

$K > 1$  – вибуховий характер.

Енергію можна діставати не тільки при поділі важких ядер, але й синтезом ядер з масовим числом  $A \leq 50$  із легких ядер. Такі реакції називаються *реакціями термоядерного синтезу*. Згідно з сучасними уявленнями термоядерні реакції є джерелом енергії Сонця і зірок. В земних умовах здійснюється поки що у вигляді вибуху водневої бомби.

б) *керовані* – відбуваються за допомогою впливу людини в атомних реакторах, які досить складні, як в технічному, так і в технологічному відношенні установки.

Будова ядерного реактора:

- Ядерне паливо ( $U^{235}$ ,  $U^{238}$ ,  $Pu^{239}$ ,  $Th^{232}$ ), яке міститься у активній зоні у вигляді вертикальних стрижнів. Мінімальні розміри активної зони, при яких  $K \geq 1$ , називають критичними розмірами. Мінімальна маса речовин, що ділиться в активній зоні критичними розмірів, називають критичною масою.

- Сповільнювачі і відбивач. Активна зона оточена шаром речовини, яка не захоплює нейтрони, а повертає їх в активну зону – відбивач. Керування реактором здійснюється за допомогою стрижнів. Які містять кадмій чи бор. Вводячи стрижні в середину активної зони, можна у будь-який момент часу призупинити розвиток ланцюгової ядерної реакції – сповільнювачі.

- Теплоносій – вода, рідкий натрій.

- Захисна оболонка з бетону.

Всі процеси в ядерному реакторі автоматизовані .

Застосування : ядерні реактори - складова частина АЕС. За допомогою анімації давайте розглянемо принцип роботи атомної електростанції.

**4. Підведемо підсумки вивчення нового матеріалу.** Дайте відповіді на питання:

- який процес називаємо ядерною реакцією?

- які закони фізики виконуються при проходженні ядерної реакції?

- за якими ознаками класифікують ядерні реакції?

- які типи реакції існують?
- яку реакцію використовують люди?
- де саме?