10.04 ТЕМА: Енергія зв’язку атомного ядра

1. Характеристика ядерних сил

Ядерні сили є найбільш потужними з-поміж чотирьох відомих на сьогодні взаємодій: гравітаційне, слабке, електромагнітне й сильне.

Оскільки ядра досить стійкі, то протони й нейтрони повинні втримуватися усередині ядра якимись силами, причому дуже значними. Що це за сили? Напевне можна сказати, що це не гравітаційні сили, які занадто слабкі. Стійкість ядра не може бути пояснена також

електромагнітними силами з тієї причини, що між однойменно зарядженими протонами діє електричне відштовхування. А нейтрони позбавлені електричного заряду.

Виходить, між нуклонами в ядрі діють особливі сили. Ці сили назвали ядерними.

Основні властивості ядерних сил

1). Ядерні сили є короткодіючими. Виміри показали, що інтенсивна взаємодія між нуклонами відбувається на відстанях, які дорівнюють розмірам нуклонів. На великих відстанях діють лише електромагнітні сили.

2). Ядерні сили є дуже потужними. Вони в 1000 разів більше за сили електростатичного відштовхування двох протонів на близькій відстані (приблизно 10-15 м).

3). Ядерні сили є силами притягання. Тому вони втримують нуклони усередині ядра.

4). Ядерні сили діють між будь-якими нуклонами (протон  протон; нейтрон  нейтрон; протон  нейтрон). У всіх цих випадках ядерні сили однакові.

5). Ядерні сили мають властивість насичення, яка полягає в тому, що нуклон виявляється здатним до ядерної взаємодії одночасно лише з невеликим числом нуклонів-сусідів.

2. Енергія зв’язку атомного ядра

Про міцність того або іншого утворення судять з огляду на те, наскільки легко або важко зруйнувати його: чим складніше його зруйнувати, тим воно міцніше. Але зруйнувати ядро – це означає розірвати зв’язки між його нуклонами, або, іншими словами, виконати роботу проти сил зв’язку між ними.

У Енергію зв’язку визначають мінімальною енергією, яку потрібно затратити для розщеплення ядра на його складові – нуклони. Значення енергії зв’язку ядра дуже складно розрахувати теоретично, однак тут на допомогу приходить відкрите Ейнштейном співвідношення між масою й енергією: тіло у стані спокою масою m має енергію E = mc2, де c – швидкість світла.

Якщо енергія тіла змінюється на? E, то маса цього тіла змінюється на? m = ?E/а2.

3. Дефект мас

Вимірювання мас ядер показують, що маса спокою ядра Мя менше, ніж сума мас спокою складових його нуклонів:



Різниця  називається дефектом мас. Дефект мас є мірою енергії зв’язку атомного ядра. Якщо? E3B – енергія зв’язку ядра, що виділяється під час його утворення, то відповідна їй маса  характеризує зменшення сумарної маси всіх нуклонів під час утворення ядра. Отже: 

Що більше протонів у ядрі, тобто що більше заряд Ze ядра, то сильніше кулонівське відштовхування між протонами. Тому, для того щоб вони не розліталися під дією кулонівських сил, потрібне більше число нейтронів для стабілізації ядра. За малих Z число нейтронів N? Z, а за великих Z (у ядрах важких елементів) навіть значне число нейтронів у ядрі (N? 1,6Z) уже не може перешкоджати його розпаду. Останнім стабільним ядром, що має максимальне число протонів, є свинець (Z = 82). Для характеристики міцності ядер зазвичай беруть енергію зв’язку, розраховуючи на один нуклон.

Енергія зв’язку, що припадає на один нуклон, називається питомою енергією зв’язку:



У довідкових таблицях зазвичай наводять маси нуклідів – атомів певного хімічного елемента, ядра яких містять строго визначену кількість протонів (Z) і нейтронів (N).

 Навчаємося розв’язувати задачі

1. Визначте енергію зв’язку берилію-9.

Розв’язання. Ядро 94Be містить Z = 4 протона й N = 5 нейтронів. Атом відповідного нукліда містить ще 4 електрони.

Скористаємося даними довідкових таблиць: маса атома Берилію дорівнює ma = 9,01219 а. о. м., а маси протона, нейтрона й електрона дорівнюють



Маса ядра атома mя = ma – Zme, а дефект мас:



Енергія зв’язку:



2. Визначте дефект мас і енергію зв’язку ядра атома 23592U.

3. У якого з елементів питома енергія зв’язку більше:

А) з масовим числом 200 і 100;

Б) з масовим числом 20 і 80?

ЩО МИ ДІЗНАЛИСЯ НА УРОЦІ

– Сили притягання, що діють між нуклонами в ядрі, називаються ядерними.

– Енергія зв’язку визначається мінімальною енергією, яку потрібно затратити для розщеплення ядра на його складові – нуклони.

– Різниця  називається дефектом мас.

– Енергія зв’язку, що припадає на один нуклон, називається питомою енергією зв’язку: 

Домашнє завдання

ПИТАННЯ

1. Як охарактеризувати міцність ядер?

2. Як залежить міцність ядер атомів від їхньої енергії зв’язку?

3. Чому ядро Купруму стійке, а ядро Урану нестійке?

4. Що наводить нас на думку, що в ядрі, крім електричних сил, діють ядерні сили?

5. Чому кулонівське відштовхування протонів у легких ядрах не відіграє істотної ролі? Чи можете ви назвати ядра, де це відштовхування взагалі відсутнє?

6. Чому енергія зв’язку атома Гідрогену 11H дорівнює нулю?

Розв’язання. Ядро атома Гідрогену складається з одного протона.

7. Не користуючись відповідними таблицями, порівняйте енергії зв’язку таких двох ядер: 73Li і 74Be.

8. Дефект мас учень пояснив зменшенням мас частинок, що утворили ядро. Чи так це насправді?