

Тема 16. АТОМ І АТОМНЕ ЯДРО

Частина 1

Завдання 1—10 мають по чотири варіанти відповідей, із яких тільки одна є правильною.

Заряд ядра атома Гелію дорівнює $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл. Укажіть правильне твердження, знаючи, що заряд електрона дорівнює $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- А Атом Гелію має позитивний заряд.
- Б Практично вся маса атома зосереджена в ядрі.
- В В атомі Гелію 4 електрони.
- Г Маса атомного ядра набагато менша, ніж маса атома.

Обґрунтування вибору відповіді

Твердження А є неправильним. 1911 р. Резерфорд запропонував ядерну («планетарну») модель атома: атоми будь-якого елемента містять ядро, що має позитивний заряд; до складу ядра входять позитивно заряджені елементарні частинки — протони; пізніше було встановлено, що й нейтральні нейтрони; навколо ядра обертаються електрони, які утворюють так звану електронну оболонку. Атом атома Гелію є електрично нейтральним; позитивний заряд ядра дорівнює за модулем сумарному заряду всіх електронів.

Твердження Б є правильним. У позитивно зарядженому атомному ядрі зосереджена майже вся маса атома.

Твердження В є неправильним. Навколо ядра атома Гелію обертаються 2 електрони (кількість зовнішньоатомних електронів дорівнює порядковому номеру елемента в періодичній таблиці).

Твердження Г є неправильним. Атомне ядро атома Гелію має масу, що становить 99,96 % маси всього атома.

Відповідь: Б.

Заряд ядра атома Неону дорівнює $1,6 \cdot 10^{-18}$ Кл. Укажіть правильне твердження.

- А В атомі Неону 10 електронів.

Б Маса ядра атома менша, ніж маса електронів.

В Атом Неону має позитивний заряд.

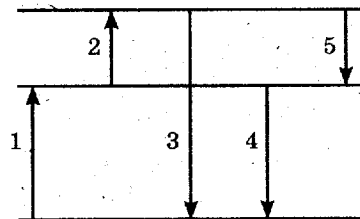
Г Радіус атомного ядра більший, ніж половина радіуса атома.

Обґрунтування вибору відповіді

- **Твердження А є правильним.** Кількість електронів у нейтральному атомі дорівнює порядковому номеру елемента в періодичній таблиці.
- **Твердження Б є неправильним.** Маса електронів в атомі становить приблизно 0,04 % маси всього атома.
- **Твердження В є неправильним.** Атом у цілому є електрично нейтральним: позитивний заряд ядра дорівнює за модулем сумарному заряду всіх електронів.
- **Твердження Г є неправильним.** Ядро атома в десятки тисяч разів менше за атом.

Відповідь: А.

3. На рисунку показано три нижні енергетичні рівні атома. Стрілки відповідають переходам між рівнями. Укажіть правильне твердження.



- А Під час переходу 1 відбувається випромінювання фотона.
- Б Під час переходу 2 відбувається поглинання фотона.
- В На нижньому енергетичному рівні атом не може перебувати як завгодно довго.
- Г Виконується співвідношення $v_5 = v_3 + v_4$.

Обґрунтування вибору відповіді

□ **Твердження А є неправильним.** У другому постулаті Бора говориться: електрони випромінюють фотони, тільки переходячи з однієї орбіти із більшою енергією на іншу, з меншою енергією. Енергія випроміненого фотона дорівнює різниці енергій електрона на орбітах: $h\nu_{kn} = E_k - E_n$. Цей перехід відповідає поглинанню кванта світла.

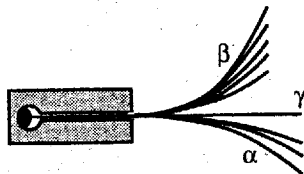
□ **Твердження Б є правильним.** Атом може також поглинати фотони. Коли поглинається фотон, електрон в атомі переходить зі стаціонарної орбіти з меншою енергією на орбіту з більшою енергією. Отже, кожний атом може поглинати світло тільки з частотами $\nu_{kn} = \frac{|E_k - E_n|}{h}$. Цей перехід відповідає поглинанню фотона.

□ **Твердження В є неправильним.** У першому постулаті Бора говориться: електрони в атомах рухаються тільки по певних орбітах, названих стаціонарними. Кожній орбіті відповідає певна енергія електрона E_n , де n — номер орбіти. Нижній енергетичний рівень відповідає основному (або нормальному) стану. У цьому стані енергія атома є мінімальною і він може перебувати в ньому як завгодно довго.

□ **Твердження Г є неправильним.** Під час випускання світла атом може переходити з будь-якого стану в нормальний одразу або послідовно, через проміжні збуджені стани. Усі ці переходи здійснюються відповідно до закону збереження енергії: $h\nu_3 = h\nu_4 + h\nu_5$, або $\nu_3 = \nu_4 + \nu_5$. Звідси випливає, що $\nu_5 = \nu_3 - \nu_4$.

Відповідь: Б.

4. Радіоактивний препарат, що міститься на дні каналу в шматку свинцю, дає вузький пучок радіоактивного випромінювання. Укажіть правильне твердження.



- А Магнітне поле напрямлене від нас.
- Б β-частинки можуть відхилитися під дією електричного поля.
- В γ-кванти можуть відхилитися під дією електричного поля.
- Г Найменшу проникну здатність має γ-випромінювання.

Обґрунтування вибору відповіді

□ **Твердження А є неправильним.** Застосовуючи правило лівої руки до руху позитивно заряджених

α-частинок, можна визначити, що магнітне напрямлене перпендикулярно до площини лентя до нас.

□ **Твердження Б є правильним.** Оскільки стинки являють собою потік швидких електронів вони відхиляються під дією електричного

□ **Твердження В є неправильним.** Оскільки в γ-квантів відсутній електричний заряд, ні магнітним, ні електричним полем не відхиляються.

□ **Твердження Г є неправильним.** Найбільш проникну здатність мають γ-промені. Коли γ-промені проходять через шар свинцю завтовшки в їхню інтенсивність зменшується лише вдвічі.

Відпов

5. Відбувся α-розпад Радію ${}^{226}_{88}\text{Ra}$. Укажіть правильне твердження.

- А Утворилося ядро атома іншого хімічного елемента.
- Б Утворилося ядро з масовим числом 222.
- В Утворилося ядро з атомним номером 86.
- Г Кількість протонів у ядрі зменшилася.

Обґрунтування вибору відповіді

□ **Твердження А є правильним.** Перетворення атомних ядер, які супроводжуються випуском α-частинок, називаються α-розпадом. Схема розпаду така: ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$.

Таким чином, унаслідок α-розпаду ядра Радію утворюється в ядро іншого хімічного елемента — Радону з атомного номера 86, розташованого на дві клітинки ближче до початку таблиці Менделєєва.

□ **Твердження Б є неправильним.** Відповідно до реакції α-розпаду ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$, утворилося ядро з масовим числом 222.

□ **Твердження В є неправильним.** Відповідно до реакції α-розпаду ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$, утворилося ядро з атомним номером 86.

□ **Твердження Г є неправильним.** Ядро α-частинки дорівнює 2e, тому внаслідок α-розпаду кількість протонів у ядрі зменшується на 2.

Відпов

6. З ядра Натрію ${}^{22}_{11}\text{Na}$ вилетів електрон. Укажіть правильне твердження.

- А Масове число ядра в результаті розпаду зменшилося.
- Б У результаті розпаду утворилося ядро Магнію ${}^{22}_{12}\text{Mg}$.
- В Відбувся α-розпад ядра.
- Г Атомний номер утвореного ядра дорівнює 11.

Обґрунтування вибору відповіді

Твердження А є неправильним. Перетворення атомних ядер, які супроводжуються випусканням частинок, називаються β -розпадом. У ході β -розпаду ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e$.

Ми бачимо, що внаслідок β -розпаду ядро перетворюється в ядро іншого хімічного елемента, розташованого на одну клітинку далі від початку таблиці Менделєєва. Коли з ядра вилітає електрон, масове число ядра не змінюється, тому що зберігається кількість нуклонів у ядрі.

Твердження Б є правильним. Реакція розпаду дає за схемою: ${}^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{22}_{12}\text{Mg} + {}^0_{-1}e$.

Твердження В є неправильним. Виліт електрона з ядра називається β -розпадом.

Твердження Г є неправильним. Відповідно до реакції β -розпаду ${}^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{22}_{12}\text{Mg} + {}^0_{-1}e$, атомний номер утвореного ядра дорівнює 12.

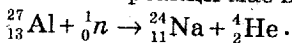
Відповідь: Б.

У результаті влучання нейтрона в ядро Алюмінію ${}^{27}_{13}\text{Al}$ утворюються α -частинка і ядро якогось елемента. Укажіть правильне твердження.

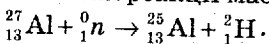
А α -частинка являє собою ядро атома важкого Гідрогену.

Б Атомний номер утвореного ядра більший, ніж 12.

В Рівняння реакції має вигляд



Г Рівняння реакції має вигляд



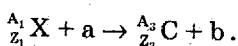
Обґрунтування вибору відповіді

Твердження А є неправильним. α -частинка являє собою ядро атома Гелію.

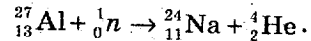
Твердження Б є неправильним. Відповідно до ядерної реакції ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^1_0n \rightarrow {}^{24}_{11}\text{Na} + {}^4_2\text{He}$, атомний номер утвореного ядра дорівнює 11.

Твердження В є правильним. Ядерними реакціями називаються штучні перетворення атомних ядер, викликані їхніми взаємодіями з різними частинками або одне з одним. Ядро являє собою щільне утворення, і коли в нього влучає частинка, то вона не взаємодіє з якимсь одним нуклоном. Проникаючи в ядро, частинка «застрягає» в ньому, причому енергія частинки передається не одному, а багатьом нуклонам.

У загальному вигляді ядерну реакцію можна записати так:



Відповідно до схеми ${}^A_ZX + {}^1_0n \rightarrow {}^{A-3}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$, рівняння має вигляд:



Твердження Г є неправильним. У даному записі неправильно позначено нейтрон. Необхідно писати: 1_0n .

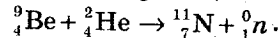
Відповідь: В.

8. Нейтрон уперше виділили з ядра атома в результаті бомбардування α -частинками Берилію ${}^9_4\text{Be}$. Укажіть правильне твердження.

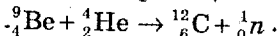
А Унаслідок реакції утворилося ядро елемента з атомним номером 12.

Б Масове число утвореного ядра дорівнює 6.

В Рівняння реакції має вигляд:



Г Рівняння реакції має вигляд:



Обґрунтування вибору відповіді

Твердження А є неправильним. У ході опромінення α -частинками атомів Берилію було зареєстровано випромінювання, що пронизувало 20-сантиметрову свинцеву плиту, яка затримувала всі інші види випромінювань. Пройшовши потім через парафін, це випромінювання вибивало протони великої енергії, і вже за властивостями тих вибитих протонів було встановлено властивості «невловимих» нейтральних частинок. Учень Резерфорда Джеймс Чедвік довів, що ці частинки є передбаченими Резерфордом нейтральними «двійниками» протона. Через їхню нейтральність їх назвали нейтронами. Відповідно до схеми реакції ${}^A_ZX + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{A+3}_{Z+2}Y + {}^1_0n$ утворилося ядро елемента з атомним номером 6.

Твердження Б є неправильним. Відповідно до схеми реакції ${}^A_ZX + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{A+3}_{Z+2}Y + {}^1_0n$ масове число утвореного ядра дорівнює 12.

Твердження В є неправильним. У даному записі неправильно позначено нейтрон. Необхідно писати: 1_0n .

Твердження Г є правильним. Ця ядерна реакція йде за схемою ${}^A_ZX + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{A+3}_{Z+2}Y + {}^1_0n$.

Відповідь: Г.

9. На Землі існує в невеликій кількості стабільний ізотоп Карбону ${}^{13}_6\text{C}$. Укажіть правильне твердження.

А У ядрі ${}^{13}_6\text{C}$ більше протонів, ніж у ядрі ${}^{12}_6\text{C}$.

Б Маса спокою ядра ${}^{13}_6\text{C}$ менша, ніж сумарна маса спокою 6 протонів і 7 нейтронів.

В Маса протона дорівнює масі нейтрона.

Г Чим більший дефект мас ядра, тим менша енергія необхідна для руйнування цього ядра.

Обґрунтування вибору відповіді

□ Твердження А є неправильним. Кількість протонів у ядрі дорівнює порядковому номеру Z у системі Менделєєва.

□ Твердження Б є правильним. Вимірювання мас ядер показують, що маса спокою ядра M_{α} менша, ніж сума мас спокою нуклонів, із яких воно складається: $M_{\alpha} < Zm_p + Nm_n$. Дефектом мас називається різниця між сумарною масою всіх нуклонів ядра у вільному стані і масою ядра: $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\alpha}$. Вимірювання мас ядер показують, що маса спокою ядра $^{13}_6\text{C}$ менша за суму мас спокою нуклонів, із яких воно складається.

□ Твердження В є неправильним. Згідно з протонно-нейтронною моделлю, ядра атомів складаються з позитивно заряджених протонів і нейтральних нейтронів, які одержали загальну назву — нуклони. Маса протона 1,00728 а.о.м., а маса нейтрона 1,00866 а.о.м.

□ Твердження Г є неправильним. Про міцність того чи іншого утворення судять із того, наскільки легко або важко зруйнувати його: чим важче 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.

Енергія зв'язку визначається величиною тієї роботи, яку потрібно виконати для розщеплення ядра на нуклони, з яких воно складається. Сьогодні обчислити енергію зв'язку теоретично, як це можна зробити для електронів в атомі, не вдається. Виконати відповідні обчислення можна, лише застосовуючи співвідношення Ейнштейна між масою і енергією: $E = mc^2$.

Відповідь: Б.

10. В Урані-235 може відбуватися ланцюгова ядерна реакція поділу. Укажіть правильне твердження.

А У ході ланцюгової реакції поділ ядра відбувається в результаті влучення в нього протона.

Б У ході ланцюгової реакції поділ ядра відбувається в результаті влучення в нього нейтрона.

В Ланцюгова реакція відбувається з поглинанням енергії.

Г У результаті поділу ядра утворюються тільки електрони.

Обґрунтування вибору відповіді

□ Твердження А є неправильним. Будь-який із нейтронів, що вилітають із ядра в процесі поділу, може, у свою чергу, викликати поділ сусіднього ядра, яке також випускає нейтрони, здатні викликати подальший поділ. У результаті кількість ядер,

що діляться, дуже швидко збільшується. Виняток становить ланцюгова реакція. Ланцюговою ядерною реакцією називається реакція, у якій нейтрони утворюються як її продукти. У цьому разі поділ ядра відбувається в результаті влучення в нього нейтрона, оскільки ця частинка має велику проникну здатність.

□ Твердження Б є правильним. Оскільки нейтрони позбавлені заряду, то вони безперешкодно проникають в атомні ядра й викликають їх зміни (обґрунтування твердження А).

□ Твердження В є неправильним. Унаслідок поділу ядра енергія, що припадає на кожний нуклон, збільшується на 1 МеВ. Енергія, що виділяється в ході поділу ядра, має електростатичне, а не ядерне походження. Велика кінетична енергія, яку мають осколки, виникає внаслідок їх кулонівського відштовхування.

□ Твердження Г є неправильним. У результаті поділу ядра Урану утворюються 2 осколки і 2—3 нейтрони.

Відповідь: Б.

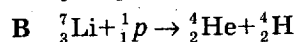
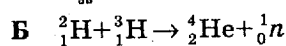
Частина 2

Завдання 11—12 мають на меті встановити відповідності (логічні пари). До кожного пункту позначеного цифрою, доберіть твердження, позначене літерою.

11. Установіть відповідність між формулами та назвами.

- 1 Закон радіоактивного розпаду
- 2 Дефект мас
- 3 Енергія зв'язку
- 4 Термоядерна реакція

А $E_{\text{зв}} = \Delta M \cdot c^2$



Г $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$

Д $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\alpha}$

Обґрунтування вибору відповіді

1. У результаті радіоактивного розпаду кількість радіоактивних ядер ізотопу поступово зменшується з часом. Дослід показує, що для кожного виду радіоактивних ізотопів існує певний період піврозпаду — проміжок часу, протягом якого падає половина початкової кількості атомів. Позначимо кількість атомів у початковий момент ($t=0$) як N_0 , тобто $N(0) = N_0$. Через час $t = T$ дорівнює періодові піврозпаду, кількість атомів

буде вдвічі меншою за початкову, тому $N(T) = \frac{1}{2}N_0$.

Після закінчення кожного наступного періоду піврозпаду кількість атомів знову зменшуватиметься вдвічі.

часу T кількість атомів зменшується вдвічі, тому $N(2T) = \frac{N_0}{2^2}$, $N(3T) = \frac{N_0}{2^3}$ і так далі. Через час $t = nT$ залишиться $N(nT) = N_0 \cdot 2^{-n}$ атомів. Оскільки $n = \frac{t}{T}$, одержуємо закон радіоактивного розпаду: $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$. (Г)

2. Через наявність енергії зв'язку маса ядра $M_{\text{я}}$ менша, ніж сума мас нуклонів, із яких воно складається. Різниця $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$ називається дефектом мас. Приміром, для Гелію маса ядра на 0,75% менша, ніж сума мас двох протонів і двох нейтронів. Відповідно для одного моля Гелію одержуємо $\Delta M = 0,03$ г. Зменшення маси в результаті утворення ядра з нуклонів означає, що при цьому зменшується енергія цієї системи нуклонів на значення енергії зв'язку. (Д)

3. Про міцність того чи іншого утворення судять із того, наскільки легко або важко зруйнувати його: чим важче 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. Енергія зв'язку визначається величиною тієї роботи, яку потрібно виконати для розщеплення ядра на нуклони, з яких воно складається. Зі співвідношення $E = mc^2$ випливає, що енергія зв'язку ядра пов'язана з дефектом мас співвідношенням $E_{\text{зв}} = \Delta M \cdot c^2$. Мірою енергії зв'язку атомного ядра є дефект мас. Якщо $\Delta E_{\text{зв}}$ — енергія зв'язку ядра, що виділяється під час його утворення, то відповідна їй маса $\Delta m = \frac{\Delta E_{\text{зв}}}{c^2}$ характеризує зменшення сумарної маси всіх нуклонів у ході утворення ядра.

Отже, $\Delta E_{\text{зв}} = (Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}) \cdot c^2$. Про те, якою великою є енергія зв'язку, можна судити з такого прикладу: утворення 4 г гелію супроводжується виділенням такої ж енергії, що й згоряння 1,5—2 вагонів кам'яного вугілля. (А)

4. Ядерна енергія вивільняється не тільки в ядерних реакціях поділу важких ядер, але й у реакціях поєднання легких атомних ядер. Так, наприклад, маса спокою ядра Гелію значно менша, ніж сума мас спокою двох ядер важкого Гідрогену, на які можна розділити ядро Гелію. Термоядерні реакції — це реакції злиття легких ядер. Подібні реакції можуть відбуватися тільки за дуже високої температури. Необхідні умови для синтезу ядер Гелію з протонів є в надрах зір. На Землі термоядерна реакція синтезу здійснюється під час експериментальних термоядерних вибухів. (Б)

Відповідь: 1—Г, 2—Д, 3—А, 4—Б.

12. Установіть відповідність між назвами приладів і принципами їхньої дії.

- 1 Лічильник Гейгера
- 2 Камера Вільсона
- 3 Бульбашкова камера
- 4 Товстошарові фотоемульсії

- А Прилад, дія якого ґрунтується на конденсації перенасиченої пари на йонах з утворенням краплинок води
- Б Прилад для автоматичного рахунку частинок, базований на принципі ударної йонізації
- В Прилад, дія якого ґрунтується на йонізаційній дії частинок на емульсію фотопластинки
- Г Прилад, дія якого базується на світінні екрана, вкритого сірчистим цинком, коли на нього потрапляє частинка
- Д Прилад, дія якого ґрунтується на виявленні треків частинок у перегрітій рідині

Обґрунтування вибору відповіді

1. Дія лічильника Гейгера ґрунтується на ударній іонізації. Заряджена частинка пролітає в газі, відриваючи від атомів електрони, й утворює позитивні йони та вільні електрони.

Електричне поле між анодом і катодом прискорює електрони до енергій, за яких починається йонізація. Лічильник Гейгера застосовують в основному для реєстрації електронів і γ -випромінювань. (Б)

2. Дія камери Вільсона базується на конденсації перенасиченої пари на йонах з утворенням краплинок води. Ці йони утворює вздовж своєї траєкторії рухома заряджена частинка. Краплинки утворюють видимий слід частинки, що пролетіла, — трек. За довжиною треку можна визначити енергію частинки, а за кількістю краплинок на одиницю довжини треку — оцінити її швидкість. Зазвичай треки частинок у камері Вільсона не тільки спостерігають, але й фотографують. (А)

3. 1952 року американський учений Д. Глейзер запропонував використовувати для виявлення треків частинок перегріту рідину. У цій рідині на йонах, що утворюються під час руху швидкої зарядженої частинки, виникають бульбашки пари, які дають видимий трек. Камери такого типу були названі бульбашковими. Перевага бульбашкової камери перед камерою Вільсона зумовлена більшою густиною робочої речовини. Пробіги частинок унаслідок цього виявляються досить короткими, і частинки навіть з великими енергіями «застрягають» у камері. Це дозволяє спостерігати серію послідовних перетворень частинки й спричинювані нею реакції. (Д)

4. Найдешевшим методом реєстрації частинок і випромінювань є фотоемулсійний. Він базується на тому, що заряджена частинка, рухаючись у фотоемулсії, руйнує молекули бромистого срібла в тих зернах, крізь які вона пройшла. Унаслідок проявлення в кристаликах відновлюється металеве срібло й ланцюжок зерен срібла утворює трек частинки.

За довжиною та товщиною треку можна оцінити енергію й масу частинки. (В)

Відповідь: 1—Б, 2—А, 3—Д, 4—В.

Частина 3

Розв'яжіть завдання 13—16. (Числове значення відповіді доцільно розраховувати за одержаною формулою розв'язання задачі в загальному вигляді.)

13. Була деяка кількість радіоактивного ізотопу Аргентуму. Маса радіоактивного Аргентуму зменшилась у 8 разів за 810 діб. Визначте період піврозпаду радіоактивного Аргентуму.

Розв'язання

$$m = m_0 2^{\frac{t}{T}}, \text{ звідки } 2^{\frac{t}{T}} = \frac{m}{m_0}, 2^{\frac{810}{T}} = \frac{1}{8}.$$

$$\text{Тоді } 2^{\frac{810}{T}} = 2^{-3}, \text{ звідки } T = \frac{810}{3} = 270 \text{ діб.}$$

Відповідь: 270 діб.

14. 1 г води, узятої за температури 0° С, перетворили в стоградусну пару. На скільки маса пари більша за масу води? Питоме теплоємність води дорівнює 4200 Дж/кг · К, питома теплота пароутворення 2,3 · 10⁶ Дж/кг.

Розв'язання

Коли воду нагрівають, її маса збільшується, бо зростає повна енергія води на величину $E = \Delta m \cdot c^2$, що дорівнює кількості теплоти, одержаній водою: $Q = mc_2(t_1 - t_2) + mL$.

$$\text{Тому } \Delta mc^2 = mc_2(t_1 - t_2) + mL,$$

$$\text{звідки } \Delta m = \frac{m[c_2(t_1 - t_2) + L]}{c^2}.$$

Обчислення дають результат $\Delta m = 3 \cdot 10^{-14}$ кг.

Відповідь: 3 · 10⁻¹⁴ кг.

15. Скільки α- і β-розпадів відбувається в результаті перетворення Радію-226 у Плюмбум-206?

Розв'язання

Відомо, що атоми радіоактивних елементів є нестійкими і спонтанно розпадаються, за-

знаючи різних перетворень. У разі α-розпаду масове число початкового атома зменшується на чотири одиниці, що дозволяє визначити

$$n_\alpha = \frac{M_{\text{Ra}} - M_{\text{Pb}}}{M_{\text{He}}} = \frac{226 - 206}{4} = 5, \text{ де символами}$$

позначено масові числа початкового, кінцевого продуктів і α-частинки (ядра атома Гелію). Знаючи n_α і Z_α — зарядове число α-частинки, визначаємо на скільки зменшується зарядове число внаслідок α-розпаду: $\Delta Z_\alpha = n_\alpha Z_\alpha = 5 \cdot 2 = 10$.

Відомо, що в разі β-розпаду змінюється лише зарядове число, зростаючи на одиницю. У результаті такого перетворення $^{226}_{82}\text{Pb}$ зарядове число зменшується на ΔZ , тобто $\Delta Z = Z_{\text{Ra}} - Z_{\text{Pb}} = 88 - 82 = 6$, отже, $n_\beta = \Delta Z_\alpha - \Delta Z_\beta$.

Відповідь: 5 α-розпадів, 1 β-розпад.

16. Визначте дефект мас та енергію зв'язку ядра Радію-226.

Розв'язання

Дефект мас ядра визначають за формулою $\Delta M = (Zm_p + Nm_n) - M_\alpha$. У таблиці мас із таблиці наведено значення мас нейтральних атомів та ядер. Тому цю формулу доцільно перетворити так, щоб замість маси ядра M_α в ній була маса відповідного нейтрального атома m_α . Оскільки $M_\alpha = m_\alpha - Zm_e$, то

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - (m_\alpha - Zm_e) = Z(m_p + m_e) + Nm_n - m_\alpha.$$

Але $m_p + m_e = m_{\text{H}}$. Отже, остаточно маємо:

$$\Delta M = (Zm_{\text{H}} + Nm_n) - m_\alpha.$$

Підставляючи в цю формулу числові значення мас в а.о.м., одержуємо:

$$\Delta M = 88 \cdot 1,00783 + 138 \cdot 1,00866 - 226,02435 = 1,85977 \text{ (а.о.м.)}.$$

Якщо хочемо одержати енергію зв'язку в джоулях, то дефект мас потрібно подати в кілограми.

З огляду на те що 1 а.о.м. = 1,66057 · 10⁻²⁷ кг одержуємо:

$$\Delta M = 1,85977 \cdot 1,66057 \cdot 10^{-27} = 3,0833 \cdot 10^{-27} \text{ (кг)}$$

Підставляючи це значення дефекту мас у формулу $E_{\text{зв}} = \Delta M \cdot c^2$, маємо:

$$E = 3,0833 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 27,795 \cdot 10^{-11} \text{ (Дж)}$$

Відповідь: 3,0833 · 10⁻²⁷ кг; 27,795 · 10⁻¹¹ Дж.