Фізика 11

Урок 82 Радіоактивність. Основний закон радіоактивного розпаду

Мета уроку:

Навчальна. Ознайомити учнів з відкриттям явища природної радіоактивності й властивостями радіоактивного випромінювання; розкрити природу радіоактивних перетворень; ознайомити учнів з радіоактивними сімействами; ознайомити учнів із законом радіоактивного розпаду; показати його статистичний характер.

Розвивальна. Розвивати пізнавальні навички учнів; вміння аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; вміння стисло і грамотно висловлювати свої міркування та обґрунтовувати їхню правильність.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок вивчення нового матеріалу.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Яка будова атома?

Чи може атом одного елементу перетворитися на атом іншого елементу?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

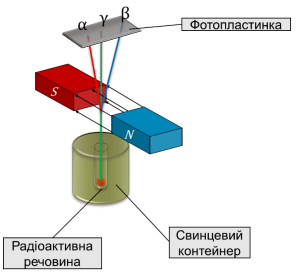
1. Історія відкриття радіоактивності

Природну радіоактивність відкрив Анрі Беккерель (1852 – 1908) у 1896 р., який встановив, що *сіль Урану сама, без впливу зовнішніх факторів, випускає невидиме випромінювання*, яке засвічує фотоплівку, загорнуту в чорний папір, та йонізує повітря. Пізніше таке випромінювання назвуть *радіоактивним випромінюванням.*

Дослідження радіоактивного випромінювання продовжили подружжя Марія Склодовська-Кюрі (1867–1934) та П'єр Кюрі (1859–1906). Вони виявили радіоактивні властивості у Торію та відкрили нові радіоактивні елементи – Полоній та Радій (1898 р.).

2. Склад радіоактивного випромінювання

Досліди з вивчення природи радіоактивного випромінювання показали, що радіоактивні речовини можуть випромінювати промені трьох видів. На рисунку зображено схему одного з таких дослідів: пучок радіоактивного випромінювання потрапляє спочатку в сильне магнітне поле постійного магніту, а потім на фотопластинку. Після проявлення фотопластинки на ній чітко видно три темні плями.



α-випромінювання – це потік ядер атомів Гелію $(24He)$**.**

$v_\alpha \approx 10^7$ м/с, $q_\alpha = +2e \approx 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_\alpha \approx 4$ а. о. м. $\approx 6,6 \cdot 10^{-27}$ кг

Захист: затримуються аркушем паперу завтовшки 0,1 мм.

β-випромінювання:

β^--випромінювання – це потік електронів $(-10e)$**.**

$v_{\beta^-} \approx 3 \cdot 10^8$ м/с, $q(\beta^-) = e \approx -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e \approx 5,5 \cdot 10^{-4}$ а. о. м. $\approx 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг

Захист: затримуються листом алюмінію завтовшки 1 мм.

β^+-випромінювання – це потік позитронів $(+10e)$**.**

$v_{\beta^+} \approx 3 \cdot 10^8$ м/с, $q(\beta^+) = -e \approx +1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m(e^+) \approx 5,5 \cdot 10^{-4}$ а. о. м. $\approx 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг

Захист: затримуються листом алюмінію завтовшки 1 мм.

γ-випромінювання – це електромагнітні хвилі надзвичайно високої частоти (понад 10^{18} Гц)

$$v_{\gamma} = c = 3 \cdot 10^{8}\ \text{м/с}$$

Захист: затримується шаром бетону завтовшки декілька метрів.

3. Правила заміщення

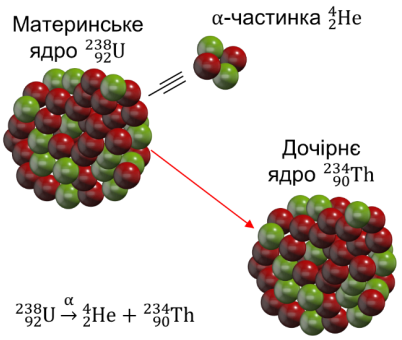
Радіоактивність – здатність ядер радіонуклідів довільно перетворюватися на ядра інших елементів із випромінюванням мікрочастинок.

Правила заміщення:

1. *Під час* α*-розпаду* кількість нуклонів у ядрі зменшується на 4, протонів – на 2, тому *утворюється ядро елемента, порядковий номер якого на 2 одиниці менший від порядкового номера вихідного елемента.*

$$ZAX \rightarrow 24He + Z - 2A - 4Y$$

$$92238U\alpha \rightarrow 24He + 90234Th$$

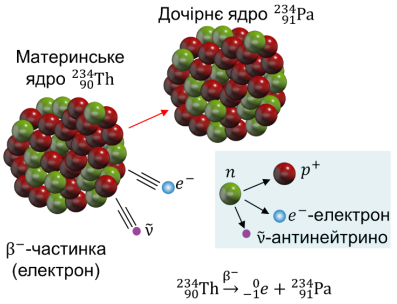


Під час α-розпаду материнське ядро спонтанно розпадається на дві частини: α-частинку і дочірнє (нове) ядро

2. *Під час* β⁻*-розпаду* кількість нуклонів у ядрі не змінюється, при цьому кількість протонів збільшується на 1, тому *утворюється ядро елемента, порядковий номер якого на одиницю більший за порядковий номер вихідного елемента*.

$$ZAX \rightarrow -10e + Z + 1AY$$

$$90234Th\beta^{-} \rightarrow -10e + 91234Pa$$

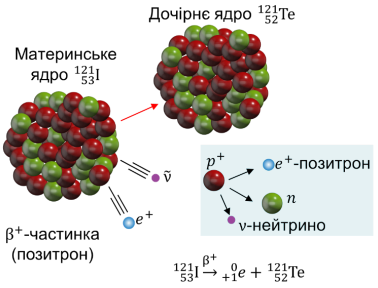


Під час β⁻-розпаду один із нейтронів материнського ядра перетворюється на протон, електрон й електронне антинейтрино: $01n \rightarrow 11p + -10e + 00\tilde{\nu}$; електрон і антинейтрино випромінюються, протон залишається в ядрі (утворюється нове ядро)

3. *Під час* β⁺*-розпаду* кількість нуклонів у ядрі не змінюється, при цьому кількість протонів зменшується на 1, тому *утворюється ядро елемента, порядковий номер якого на одиницю менший за порядковий номер вихідного елемента*.

$$ZAX \rightarrow +10e + Z - 1AY$$

$$53121I\beta^{+} \rightarrow +10e + 52121Te$$



Під час β⁺-розпаду один із протонів материнського ядра перетворюється на нейтрон, позитрон й електронне нейтрино: $11p \rightarrow 01n + +10e + 00\nu$; позитрон і нейтрино випромінюються, нейтрон залишається в ядрі (утворюється нове ядро)

Період піврозпаду деяких радіонуклідів	
Радіонуклід	Період піврозпаду $T_{1/2}$
Йод-131	8 діб

4. Період піврозпаду

Проблемні питання

• Чи можна дізнатися, яке саме ядро в певній радіоактивній речовині розпадеться першим? Яке буде наступним? Яке розпадеться останнім?

Фізики стверджують, що дізнатися про це неможливо: *розпад того чи іншого ядра радіонукліда – подія випадкова*. Разом із тим поведінка радіоактивної речовини в цілому підлягає чітко визначеним закономірностям.

Карбон-14	5700 років
Кобальт-60	5,3 року
Плутоній-239	24 тис. років
Радій-226	1600 років
Радон-220	56 с
Радон-222	3,8 доби
Уран-235	0,7 млрд років
Уран-238	4,5 млрд років
Цезій-137	30 років

Якщо взяти закриту скляну колбу, що містить певну кількість Радону-220, то виявиться, що приблизно через 56 с кількість радону в колбі зменшиться вдвічі. Ще через 56 с із решти атомів знову залишиться половина і т. д. Отже, зрозуміло, чому інтервал часу 56 с був названий *періодом піврозпаду* Радону-220.

Період піврозпаду $T_{1/2}$ – це фізична величина, що характеризує радіонуклід і дорівнює часу, протягом якого розпадається половина наявної кількості ядер даного радіонукліда.

$$[T_{1/2}] = 1\,c$$

5. Активність радіоактивного джерела

Проблемне питання

• Якщо кількість атомів Урану-238 і Радію-226 є однаковою, з якого зразка за 1 с вилетить більше α-частинок?

Періоди піврозпаду даних радіонуклідів відрізняються майже у 3 млн разів, за той самий час у зразку радію відбудеться набагато більше α-розпадів, ніж у зразку урану.

Активність радіоактивного джерела – це фізична величина, яка чисельно дорівнює кількості розпадів, що відбуваються в певному радіоактивному джерелі за секунду.

Одиниця активності в СІ – **бекерель.**

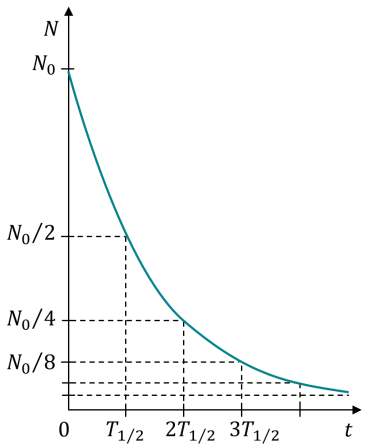
1 Бк – *це активність такого радіоактивного джерела, в якому за* 1 с *відбувається* 1 акт *розпаду:*

$$[A] = 1\text{ Бк} = 1\frac{\text{розп}}{\text{с}} = 1\text{ с}^{-1}$$

Позасистемна одиниця активності – **кюрі** (Кі): $1\text{ Кі} = 3,7\cdot10^{10}$ Бк

Якщо зразок містить *атоми лише одного радіонукліда*, то активність цього зразка можна визначити за формулою:

$$A = \lambda N$$



N – кількість атомів радіонукліда в зразку на даний час

λ – стала радіоактивного розпаду радіонукліда

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}};\quad [\lambda] = 1\text{ с}^{-1}$$

З плином часу в радіоактивному зразку кількість ядер радіонуклідів, що не розпалися, зменшується, відповідно й зменшується й активність зразка.

Основний закон радіоактивного розпаду:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

$_N$ – кількість ядер радіонукліда, що залишились у зразку через час t;

N_0 – початкова кількість ядер; $T_{1/2}$ – період піврозпаду; t – час розпаду.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Ядро Радону $86220Rn$ випустило α-частинку. В ядро якого елемента перетворилося ядро Радону?

$$86220Rn\alpha\rightarrow24He + ZAX;\ Z = 86 - 2 = 84;\ A = 220 - 4 = 216;$$

$ZAX = 84216Po$ (Полоній-216); $86220Rn\alpha\rightarrow24He + 84216Po$

2. Ядро якого елемента утворилося з ядра ізотопу Кобальту $2760Co$ після випускання β-частинки?

$$2760Co\beta^{-}\rightarrow -10e + ZAX;\ Z = 27 + 1 = 28;\ A = 60;\ ZAX = 2860Ni \text{ (Нікель-60)}$$

$$2760Co\beta^{-}\rightarrow -10e + 2860Ni$$

3. Визначте зарядове і масове число ізотопу, який вийде із Торію $90232Th$ після трьох α- і двох β-перетворень.

1 варіант

$$90232Th\rightarrow3\,24He + 2\ -10e + ZAX$$

$$Z = 90 - 3\cdot2 + 2\cdot1 = 86;\ A = 232 - 3\cdot4 - 2\cdot0 = 220;\ ZAX = 86220Rn$$

$86220Rn$ (Радон-220, масове число 220, зарядове число 86)

2 варіант

$$90232Th\alpha\rightarrow24He + 88228Ra\alpha\rightarrow24He + 86224Rn\alpha\rightarrow24He + 84220Po\beta^{-}\rightarrow -10e + 85220At\beta^{-}\rightarrow -$$

$86220Rn$ (Радон-220, масове число 220, зарядове число 86)

3 варіант

$$90232Th \rightarrow 24He + 24He + 24He + -10e + -10e + ZAX$$

$$Z = 90 - 2 - 2 - 2 + 1 + 1 = 86;\ A = 232 - 4 - 4 - 4 = 220;\ ZAX = 86220Rn$$

$86220Rn$ (Радон-220, масове число 220, зарядове число 86)

4. У результаті шести α- і двох β-розпадів утворилося ядро Свинцю-209. Визначте вихідний елемент реакції.

$$ZAX\rightarrow624He + 2\ -10e + 82209Pb$$

$$Z = 82 + 6\cdot2 - 2\cdot1 = 92;\ A = 209 + 6\cdot4 + 2\cdot0 = 233;\ ZAX = 92233U$$

$92233U$ (Уран-233)

5. Скільки α- і β-частинок випускає ядро урану $92233U$, перетворюючись в ядро вісмуту $83209Bi$?

$$92233U\rightarrow x\,24He + y\ -10e + 83209Bi$$

$$\{233 = 4\cdot x + 0\cdot y + 209\ 92 = 2\cdot x - 1\cdot y + 83$$

$$x = \frac{233-209}{4} = 6$$

$$y = 83 + 2\cdot6 - 92 = 3.$$

Відбувається 6 α-розпадів і 3 β-розпади.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Як було відкрито явище радіоактивності?

2. Наведіть приклади природних радіоактивних елементів.

3. Опишіть дослід із вивчення природи радіоактивного випромінювання.

4. Наведіть означення радіоактивності.

5. Які види радіоактивного випромінювання ви знаєте? Якою є їхня фізична природа? Звідки в ядрі беруться електрони?

6. Як захиститися від радіоактивного випромінювання?

7. Що відбувається з ядром атома під час випромінювання α*-частинки?* β*-частинки?*

8. Дайте означення періоду піврозпаду.

9. Що таке активність радіоактивного джерела? Чи змінюється вона з часом?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 40, Вправа № 40 (1, 2)

Додаткові задачі

1. Протактиній $91231Pa$ піддали одному α-розпаду. Що є кінцевим продуктом цієї реакції?

$$91231Pa\alpha\rightarrow24He + ZAX;\ Z = 91 - 2 = 89;\ A = 231 - 4 = 227;$$

$ZAX = 89227Ac$ (Актиній-227); $91231Pa\alpha\rightarrow24He + 89227Ac$

2. Яке ядро утворилося в результаті α-розпаду Полонію-212?

$$84212Po\alpha\rightarrow24He + ZAX;\ Z = 84 - 2 = 82;\ A = 212 - 4 = 208;$$

$ZAX = 82208Pb$ (Плюмбум-208); $84212Po\alpha\rightarrow24He + 82208Pb$

3. При β-розпаді з ядра Плюмбуму-210 вилітають електрон і антинейтрино. Яке ядро утворюється в результату β-розпаду?

$82210Pb\beta^{-}\rightarrow -10e + ZAX;\ Z = 82 + 1 = 83;\ A = 210;\ ZAX = 83210Bi$ (Бісмут-210)

$$82210Pb\beta^{-}\rightarrow -10e + 83210Bi$$

4. Уран $92238U$ піддали трьом α- і двом β-розпадам. Визначте кінцевий продукт реакції.

1 варіант

$$92238U\rightarrow324He + 2\ -10e + ZAX$$

$$Z = 92 - 3\cdot2 + 2\cdot1 = 88;\ A = 238 - 3\cdot4 - 2\cdot0 = 226;\ ZAX = 88226Ra$$

$88226Ra$ (Радій-226)

2 варіант

$92238U\alpha\rightarrow24He + 90234Th\alpha\rightarrow24He + 88230Ra\alpha\rightarrow24He + 86226Rn\beta^{-}\rightarrow -10e + 87226Fr\beta^{-}\rightarrow -1$

$88226Ra$ (Радій-226)

3 варіант

$$92238U \rightarrow 24He + 24He + 24He + -10e + -10e + ZAX$$

$$Z = 92 - 2 - 2 - 2 + 1 + 1 = 88;\ A = 238 - 4 - 4 - 4 = 226;\ ZAX = 88226Ra$$

$88226Ra$ (Радій-226)

5. Радон $86222Rn$ зазнав один α-розпад і два β -розпади. Ядро якого елемента стало продуктом цих розпадів?

1 варіант

$$86222Rn \rightarrow 24He + 2\ - 10e + ZAX$$

$$Z = 86 - 2 + 2{\cdot}1 = 86;\quad A = 222 - 4 - 2{\cdot}0 = 218;\quad ZAX = 86218Rn$$

$86218Rn$ (Радон-218)

2 варіант

$$86222Rn\alpha \rightarrow 24He + 84218Po\beta^{-} \rightarrow -10e + 85218At\beta^{-} \rightarrow -10e + 86218Rn$$

$86218Rn$ (Радон-218)

3 варіант

$$86222Rn \rightarrow 24He + -10e + -10e + ZAX$$

$$Z = 86 - 2 + 1 + 1 = 86;\quad A = 222 - 4 = 218;\quad ZAX = 86218Rn$$

$86218Rn$ (Радон-218)

6. Який ізотоп утворюється з урану $92239U$ після двох β-розпадів і одного α- розпаду?

1 варіант

$$92239U \rightarrow 2\ - 10e + 24He + ZAX$$

$$Z = 92 + 2{\cdot}1 - 2 = 92;\quad A = 239 - 2{\cdot}0 - 4 = 235;\quad ZAX = 92235U$$

$92235U$ (Уран-235)

2 варіант

$$92239U\beta^{-} \rightarrow -10e + 93239Np\beta^{-} \rightarrow -10e + 94239Pu\alpha \rightarrow 24He + 92235U$$

$92235U$ (Уран-235)

3 варіант

$$92239U \rightarrow -10e + -10e + 24He + ZAX$$

$$Z = 92 + 1 + 1 - 2 = 92;\quad A = 239 - 4 = 235;\quad ZAX = 92235U$$

$92235U$ (Уран-235)

7. Продуктом трьох α-розпадів і двох β-розпадів є ядро Полонію-213. Визначте вихідний елемент реакції.

$$ZAX \rightarrow 324He + 2\ - 10e + 84213Po$$

$$Z = 84 + 3{\cdot}2 - 2{\cdot}1 = 88;\quad A = 213 + 3{\cdot}4 + 2{\cdot}0 = 225;\quad ZAX = 88225Ra$$

$88225Ra$ (Радій-225)

8. Ядро $84216Po$ утворилося після двох послідовних α-розпадів. З якого ядра воно утворилося?

$$ZAX \rightarrow 224He + 84216Po$$

$$Z = 84 + 2{\cdot}2 = 88;\quad A = 216 + 2{\cdot}4 = 224;\quad ZAX = 88224Ra$$

$88224Ra$ (Радій-224)

9. Уран $92238U$ у результаті кількох α- і β-розпадів перетворюється у Свинець $82206Pb$. Скільки і які радіоактивні розпади відбулися?

$$92238U \rightarrow x\,24He + y\ -10e + 82206Pb$$

$$\{238 = 4{\cdot}x + 0{\cdot}y + 206\ 92 = 2{\cdot}x - 1{\cdot}y + 82$$

$$x = \frac{238-206}{4} = 8$$

$$y = 82 + 2{\cdot}8 - 92 = 6.$$

Відбувається 8 α-розпадів і 6 β-розпадів.

10. Скільки α- і β-розпадів має відбутися, щоб Протактиній $91231Pa$ перетворився в Торій $90227Th$?

$$91231Pa \rightarrow x\,24He + y\ -10e + 90227Th$$

$$\{231 = 4{\cdot}x + 0{\cdot}y + 227\ 91 = 2{\cdot}x - 1{\cdot}y + 90$$

$$x = \frac{231-227}{4} = 1$$

$$y = 90 + 2{\cdot}1 - 91 = 1.$$

Відбувається 1 α-розпад і 1 β-розпад.

11. Радіоактивне ядро $90232Th$ перетворилося на ядро $83212Bi$. Скільки відбулося α- і β-розпадів у ході цього перетворення?

$$90232Th \rightarrow x\,24He + y\ -10e + 83212Bi$$

$$\{232 = 4{\cdot}x + 0{\cdot}y + 212\ 90 = 2{\cdot}x - 1{\cdot}y + 83$$

$$x = \frac{232-212}{4} = 5$$

$$y = 83 + 2{\cdot}5 - 90 = 3.$$

Відбувається 5 α-розпадів і 3 β-розпади.

12. Скільки α- і β-розпадів має відбутися, щоб ядро Торію-232 перетворився на ядро Плюмбуму-208?

$$90232Th \rightarrow x\,24He + y\ -10e + 82208Pb$$

$$\{232 = 4{\cdot}x + 0{\cdot}y + 208\ 90 = 2{\cdot}x - 1{\cdot}y + 82$$

$$x = \frac{232-208}{4} = 6$$

$$y = 82 + 2{\cdot}6 - 90 = 4.$$

Відбувається 6 α-розпадів і 4 β-розпади.