

Лабораторна робота ВИВЧЕННЯ БЕТА-РОЗПАДУ ЯДЕР.

Мета роботи: визначити лінійний коефіцієнт поглинання β - частинок речовиною і максимальну енергію β - спектру радіоактивного джерела.

Радіоактивністю називається мимовільне перетворення одних атомних ядер в інші, що супроводжується випусканням елементарних частинок.

Радіоактивний розпад є спонтанним процесом, що підкоряється законам статистики. Згідно закону радіоактивного розпаду: число ядер, що не розпалися, зменшується з часом за експоненціальним законом:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

де N_0 - початкове число ядер, що не розпалися; N - число ядер, що не розпалися, у момент часу t , λ - стала радіоактивного розпаду, число ядер, що розпадаються в одиницю часу.

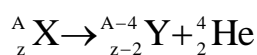
Час, за який розпадається половина первинної кількості ядер, називається періодом напіврозпаду $T_{1/2}$:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

До радіоактивних процесів належать:

1. α -розпад

Альфа - промені є потоком ядер гелію ${}^4_2\text{He}$. Розпад протікає за схемою:



X - хімічний символ ядра, що розпадається

Y - хімічний символ ядра, що утворюється

β -розпад

Існують три різновиди β - розпаду

Перший вигляд β - розпаду - електронний розпад: ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z+1}\text{Y} + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}$.

Один з нейтронів ядра ${}^A_Z\text{X}$ перетворився на протон, випустивши при цьому електрон і антинейтрино $\bar{\nu}$.

Другий вигляд β - розпаду - позитронний розпад: ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z-1}\text{Y} + {}^0_{+1}e + \nu$.

Один з протонів ядра ${}^A_Z\text{X}$ перетворився на нейтрон, випустивши при цьому позитрон і нейтрино.

Третій вигляд β - розпаду - електронний захват: ${}^A_Z\text{X} + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^A_{Z-1}\text{Y} + \nu$

Ядро поглинає один з K- електронів (рідше один з L - або M- електронів) свого атома, у результаті чого один із протонів перетворюється на нейтрон, випускаючи при цьому нейтрино.

Нейтрино - нейтральна частинка, має нульовий заряд, спіні $\frac{\eta}{2}$ і нульову масу спокою. Тому, щоб виявити цю частинку, знадобилося багато часу. Характерною особливістю β -розпаду є те, що електрони або позитрони випускаються атомними ядрами радіоактивної речовини зі всіма можливими значеннями кінетичної енергії в межах від 0 до деякої цілком певної енергії $E_{\beta\max}$ - граничної енергії β - спектра.

Форма спектру β^+ β^- -частинок різна і визначається впливом заряду ядра. На рисунку1 штриховою лінією показаний також гіпотетичний спектр і β^- - частинок, що виникають при розпаді ядра з нульовим зарядом. Форма спектру, як і величини граничних енергій $E_{\beta\max}$ значною мірою міняються при переході від одного ядра до іншого. Пояснення безперервного характеру енергетичного спектру електронів β -розпаду пов'язане з участю в процесі розпаду ще однієї частки – нейтрино.

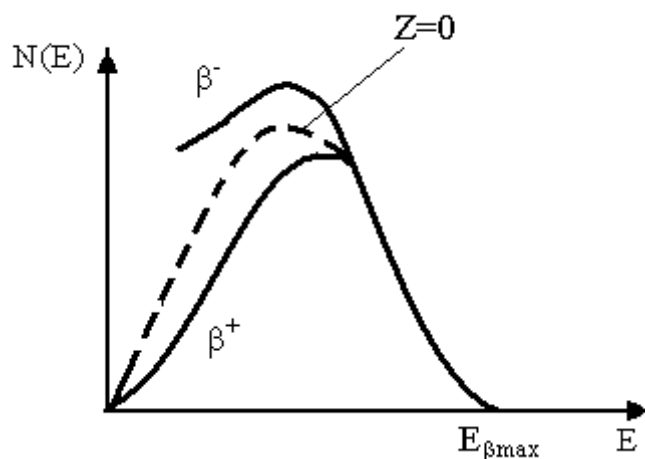


Рисунок1 - Форма бета-спектрів

Бета-частинки, проходячи повз речовину, втрачають енергію і відхиляються від первинного напрямку руху, тобто розсіюються.

$$N=N_0e^{-\mu x} \quad (1)$$

де N_0 — число частинок на вході в поглинач; N - число частинок на глибині x ; μ - лінійний коефіцієнт ослаблення. Через безперервний спектр у пучку присутні частинки, енергія яких міняється в широких межах. Це призводить до того, що експериментальна і теоретична залежності $N(x)$ відрізняються, як у області малих, так і великих товщин поглинача. Проте, в широкому діапазоні товщини закон (1) задовільно узгоджується з експериментальними даними.

На практиці граничну енергію β -спектра пов'язують не з лінійним коефіцієнтом ослаблення μ , а з шаром половинного ослаблення $\Delta_{1/2}$. Бета-частки, проходячи повз речовину, втрачають енергію і відхиляються від

первинного напрямку руху, тобто розсіюються. Залежність $\Delta_{1/2}$ від величини $E_{\beta\max}$ описується формулою:

$$\Delta_{1/2} = 0,095 \frac{Z}{\rho A} E_{\beta\max}^{3/2}, \quad (2)$$

де Z - зарядне число атомів середовища; A - їх атомна маса; ρ - густина середовища, г/см³; розмірності $[\Delta_{1/2}] = \text{см}$, $[E_{\beta\max}] = \text{МэВ}$. Використовуючи формулу (2), можна за знайденим дослідним шляхом значенням $\Delta_{1/2}$ обчислити граничну енергію β - спектру. Величина $\Delta_{1/2}$ дорівнює такій товщині шару поглинача, після проходження якого первинна інтенсивність пучка зменшується в два рази. Таким чином, якщо $x = \Delta_{1/2}$, то $N(\Delta_{1/2}) = N_0/2$, після підстановки в (1) одержимо зв'язок між $\Delta_{1/2}$ і μ :

$$\Delta_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0.693}{\mu} \quad (3)$$

Для визначення лінійного коефіцієнта ослаблення і граничної енергії β -спектру $E_{\beta\max}$ необхідно:

- 1) одержати експериментальну залежність $N(x)$;
- 2) побудувати графік залежності $Y(x)$, де $Y = \ln x$;
- 3) згідно викладеного вище, у області середніх величин провести через експериментальні точки пряму (рисунок 2) і визначити її кутовий коефіцієнт $K = \Delta y / \Delta x$
- 4) з формули (1) виходить, що кутовий коефіцієнт K пов'язаний з лінійним коефіцієнтом ослаблення μ : $K = -\mu$.
- 5) використовуючи формули (2) і (3), визначити граничну енергію β - спектру.

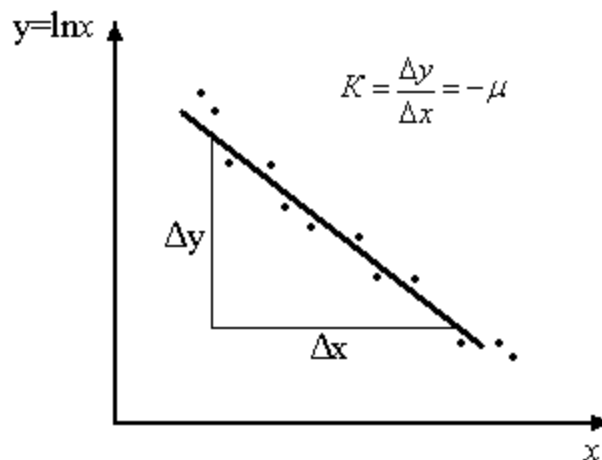


Рисунок 55.2 - Експериментальна пряма

Порядок виконання роботи:

1. Включити і підготувати установку до роботи згідно інструкції.



2. Встановити джерело β - частинок в установку і протягом 30 с провести підрахунок β - частинок.
3. Заміряти мікрометром товщину поглинача, помістити його між джерелом і детектором і провести підрахунок β - частинок протягом 30 с. Кількість вимірених частинок перемножити на 100. Повторити дослід три рази. Для кожного досліду знайти середню кількість частинок $N_{\text{середнє}}$.



Тримач зразка (поглинач)



4. Повторити п.3 для всієї запропонованої фольги поглинача.
5. Нанести на графік точки $y(x)$, де $y = \ln N$, провести по цим точкам пряму.
6. Визначити коефіцієнт лінійного ослаблення β - частинок:

$$\mu = -K = -\frac{\Delta y}{\Delta x}$$

7. По формулі (3) обчислити шар половинного ослаблення.
8. Обчислити максимальну енергію β - частинок
9. Зробити висновки за результатами роботи.

Дані дослідів і розрахунків помістити в таблицю.

		Z=13	A=27 г\моль	$\rho=2.7\text{г/см}^3$		
X, мм	N×100	N _{середнє}	Y=lnN _{середнє}	$\mu, \text{см}^{-1}$	$\Delta_{1/2}, \text{см}$	E _{βmax} , МэВ
0	534					
	531					
	554					
0,12	463					
	435					
	399					
0,27	440					
	406					
	402					
1,18	193					
	156					
	201					
2,14	71					
	73					
	85					
3,11	66					
	65					
	65					
4,08	53					
	59					
	60					

Контрольні питання

1. Основний закон радіоактивного розпаду.
2. Види радіоактивних перетворень ядер. Правила зсуву.
3. Види β - розпаду. Спектр β - частинок. Нейтрино.

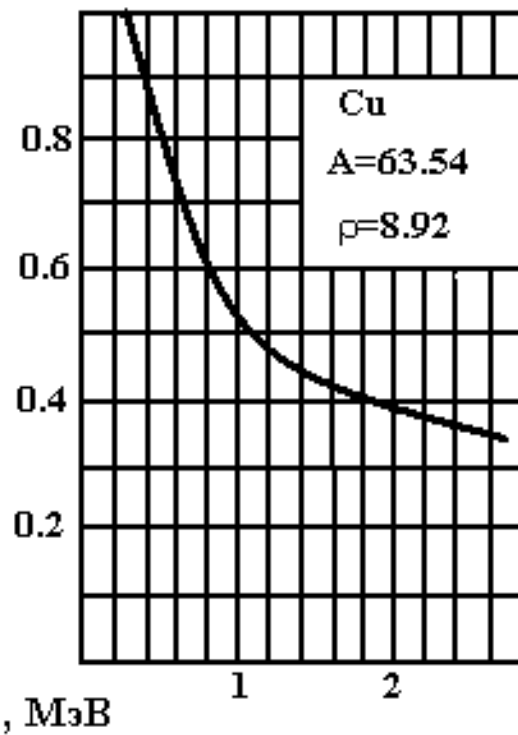
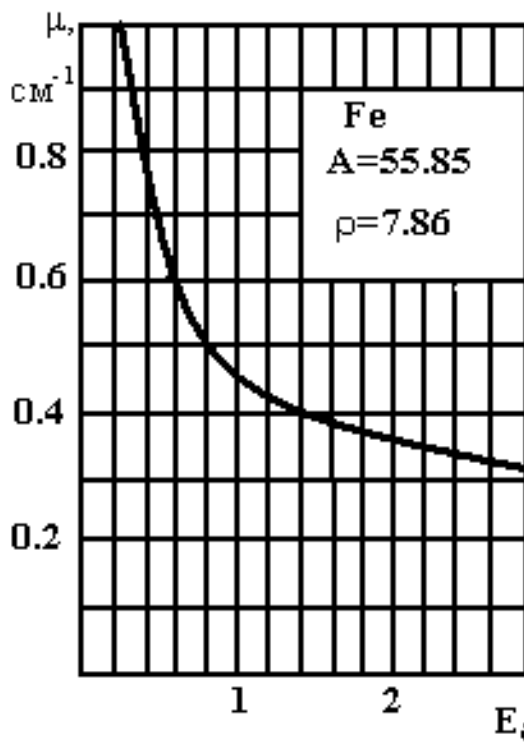
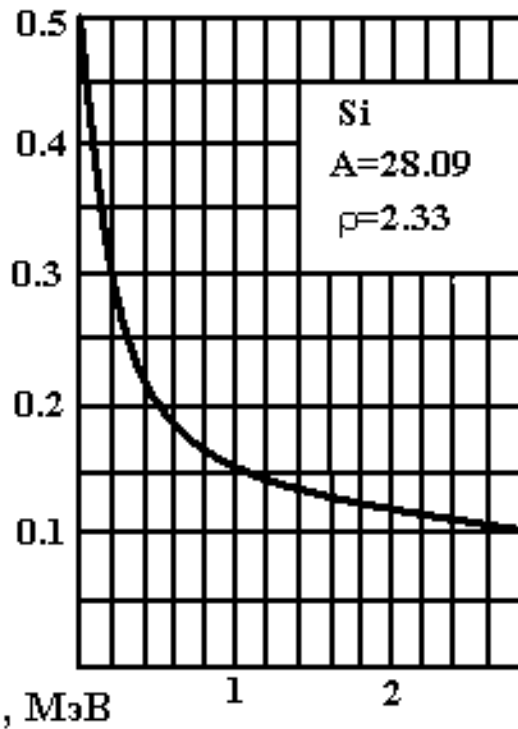
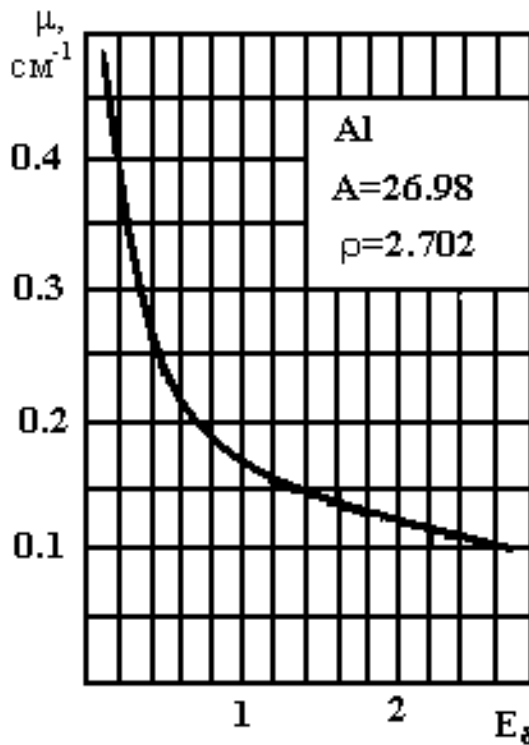


Рисунок 55.4 - Лінійні коефіцієнти ослаблення γ -квантів