

## **Лабораторна робота №4**

***Визначення періоду напіврозпаду довгоживучого бета – активного товстого препарату.***

*Виконали студенти 4 курсу*

*Кафедри квантової радіофізики*

*Корнієнко Анастасія, Лукашенко Валерія,*

*Лапчевський Костянтин*

### ***Теоретичні відомості:***

Незалежно від виду самовільного ядерного перетворення (альфа-, бета-розпад, випромінювання гамма-квантів і т.д.) зміна кількості радіоактивних ядер  $N$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot 2^{-t/T}$$

описується експоненціальним законом:

Стала радіоактивного розпаду  $\lambda$  є однією з фізичних характеристик нестабільних ядер. Також для характеристики нестабільних ядер користуються іншою величиною — середнім часом життя  $\tau$ , який дорівнює оберненій сталій

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

радіоактивного розпаду:

Період напіврозпаду — час, протягом якого початкова кількість ядер  $N_0$  зменшується в 2 рази:  $N = N_0 / 2$ .

Стала радіоактивного розпаду пов'язана з періодом напіврозпаду наступним співвідношенням:  $T = \ln 2 / \lambda$ .

Активність  $A$  радіоактивного препарату — це величина, що вимірюється кількістю ядер, які розпадаються за одиницю часу:  $A = dN / dt$ ,  $A = \lambda N$ .

З урахуванням усіх поправок активність препарату потрібно обчислювати за такою формулою:  $A = \frac{A_\omega}{S \cdot K \cdot p \cdot q \cdot \omega}$

Поправка на поглинання бета-частинок на шляху від препарату до лічильника:  $K = 2^{-\rho d / \Delta}$

Для врахування поглинання в препараті (самопоглинання) використовується

$$S = 1.5 \cdot \frac{\Delta}{\rho d}$$

емпірична формула:

Поправка на ймовірність утворення бета-частинки при розпаді ядра  $^{40}\text{K}$ , враховується множителем  $p = 0.89$ .

Поправку на відбиття від підкладки вважаємо рівною одиниці ( $q = 1$ ), тому що відбиті частинки з великою ймовірністю поглинаються в препараті.

Кількість радіоактивних ядер обчислюють за виміряною масою  $m$ , відомому хімічному складу, тобто молярній масі  $M_{\text{KCl}}$  та розповсюдженості радіоізоотопу за

$$N = \frac{N_A \cdot m \cdot p_{40}}{M_{\text{KCl}}}$$

формулою:

$$T = \ln 2 \cdot \frac{N}{A}$$

Період напіврозпаду  $T$  даного бета-активного препарату:

***Хід роботи:***

- 1) Вимірюємо масу і радіус препарату:  $m = 1,370$  г,  $R = 1,25$  см
- 2) Таймер встановлено на положення 100 с.
- 3) Проведемо виміри кількості зареєстрованих частинок з препаратом та без нього.

Фон – 41

З препаратом

n	N
1	225
2	226
3	218
4	210
5	201
6	203
7	221
8	204

Середнє значення зареєстрованих частинок з препаратом:

$$\langle N \rangle = 213,5$$

Абсолютна похибка вимірювань:  $\Delta N = C_{\text{ст}} \cdot S_N = 2,4 \cdot 3,6193 = 8,68$  ,

$$\text{Де } S_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2}{n(n-1)}}$$

$$N = 213,5 \pm 8,68$$

$$\text{Відносна похибка вимірювань: } \delta = \frac{\Delta N}{\langle N \rangle} = 0,04$$

4) Виразуємо необхідні поправки для розрахунку активності препарату:

$$\text{Поправка на тілесний кут: } \frac{r}{r_0} = 1, \frac{h}{r_0} = 0,4, \omega = 0,240$$

Масова товщина речовини на шляху від препарату до робочого об'єму

$$\text{лічильника: } \rho d = \rho d_{\text{нов}} + \rho d_{\text{с}} = 3,75 \frac{\text{мг}}{\text{см}^2}$$

де  $\rho d_{\text{нов}}$  - масова товщина шару повітря між джерелом і лічильником,  $\rho d_{\text{с}}$  -

масова товщина вікна лічильника

Поправка на поглинання бета-частинок на шляху від препарату до лічильника:

$$K = 2^{\frac{-\rho d}{\Delta}} = 2^{\frac{-3,75}{78}} = 0,967$$

$$\text{Масова товщина препарату: } \rho d = \frac{m}{S} = \frac{1,370}{4,91} = 279 \frac{\text{мг}}{\text{см}^2}$$

Поправка на поглинання в препараті(самопоглинання):

$$S = 1,5 \frac{\Delta}{\rho d} = 1,5 \cdot \frac{78}{279} = 0,419$$

Активність препарату:

$$A = \frac{A_{\omega}}{\omega \cdot p \cdot K \cdot S \cdot q} = \frac{2,135}{0,24 \cdot 0,89 \cdot 0,419 \cdot 0,967} = 24,67 \text{ Бк}$$

$$\text{Похибка вимірювань: } \Delta A = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( C_{\text{ан}} \frac{\partial A}{\partial x_i} S_i \right)^2}$$

$$A = A(N, S, m)$$

$$\Delta A = \sqrt{\left(\frac{C_{an} \cdot \partial A}{\partial m} \cdot \Delta m\right)^2 + \left(\frac{C_{an} \cdot \partial A}{\partial S} \cdot \Delta S\right)^2 + \left(\frac{C_{an} \cdot \partial A}{\partial N} \cdot \Delta N\right)^2}$$

$$\Delta m = 25 \text{ мг}$$

$$\Delta S = 25 \cdot 10^{-6}, \text{ с м}^2$$

$$\Delta A = 2,41 \text{ Бк}$$

$$A = (24,67 \pm 2,41) \text{ Бк}$$

5) Кількість радіоактивних ядер:

$$N = \frac{N_A \cdot m \cdot p_{40}}{M_{KCl}} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,370 \cdot 1,19 \cdot 10^{-4}}{75} = 1,31 \cdot 10^{18}$$

6) Період напіврозпаду даного бета – активного препарату:

$$T = \ln 2 \cdot \frac{N}{A} = \frac{0,693 \cdot 1,31 \cdot 10^{18}}{24,67} = 3,68 \cdot 10^{16} \text{ с} = 1,167 \cdot 10^9 \text{ років}$$

Обчислимо похибку вимірювань:

$$T = T(m, A)$$

$$\Delta T = \sqrt{\left(\frac{C_{an} \cdot \partial T}{\partial m} \cdot \Delta m\right)^2 + \left(\frac{C_{an} \cdot \partial T}{\partial A} \cdot \Delta A\right)^2}$$

$$\Delta T = 0,86 \cdot 10^{16} \text{ с}$$

$$T = (1,167 \pm 0,28) \cdot 10^9 \text{ років}$$

### **Висновок:**

У даній лабораторній роботі було проведено визначення періоду напіврозпаду бета – активного препарату.

Отримано значення:

$$A = (24,67 \pm 2,41) \text{ Бк}$$

$$T = (1,167 \pm 0,28) \cdot 10^9 \text{ років}$$

Отримане значення в межах похибки співпадає з теоретичним значення  
періоду напіврозпаду  $T(K^{40}) = 1.248 \cdot 10^9 \text{ років}$  (за матеріалами

<https://ru.wikipedia.org/wiki/калій40>)

Похибка вимірювань складає 6,5%.

Також було побачено, що лічильник Гейгера-Мюллера має малу ефективність  
лічби комічного фону.