

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 ВИЗНАЧЕННЯ СХЕМИ РОЗПАДУ ^{60}Co МЕТОДОМ ЗБІГІВ

Опис роботи

Теоретичні відомості

Існує багато різних схем, які відбирають тільки ті явища, в яких два чи більше лічильників дають одночасні імпульси. В даній роботі реалізована схема збігів на інтегральних мікросхемах серії К 155.

В зв'язку з тим, що імпульс має певну тривалість, два незалежних (не співпадаючих) сигнали, прийшовши на схему збігів, можуть дати імпульс на виході схеми - так зване випадковий збіг, якщо їх відносна затримка менша, ніж певний час τ , названий роздільним часом схеми.

Кількість випадкових збігів за одиницю часу залежить від швидкості лічби кожного з лічильників окремо m_1 та m_2 . Ймовірність того, що імпульс від першого лічильника буде супроводжуватися імпульсом від другого в межах інтервалу часу $\pm \tau$, дорівнює $p = 2\tau m_2$. Тому кількість випадкових збігів буде

$$c_{\text{вин}} = 2\tau m_1 m_2. \quad (1)$$

Роздільний час схеми збігів визначається так. Випромінювання двох незалежних джерел спрямовується на два добре заекранованих один від одного лічильники. За цих обставин випадкові збіги будуть обумовлені тільки скінченим роздільним часом і інтенсивністю завантаження (швидкістю лічби) обох лічильників. Перевіряють співвідношення (1) вимірюванням кількості збігів для джерел різної активності.

Повна кількість випадкових збігів за одиницю часу:

$$m_{\text{вин}} = b_{\phi} + 2\tau m_1 m_2. \quad (2)$$

Якщо $\tau = \text{const}$, то графік залежності $m_{\text{вин}}$ від m_1 є пряма лінія, яка відсікає від ординати величину фону b_{ϕ} і має нахил 2τ .

Число справжніх збігів повинне бути більшим за число випадкових. Ця умова накладає обмеження на величину активності джерела, тому що кількість справжніх збігів пропорційна активності A , тоді як число випадкових пропорційне A^2 .

Розглянемо приклад ізотопу, що випромінює β -частинки, які супроводжуються γ -фотонами. Швидкість лічби складає

$$m_1 = A \cdot P_1; \quad m_2 = A \cdot P_2, \quad (3)$$

де P_1 і P_2 – ймовірності реєстрації відповідно 1-м і 2-м лічильниками. Швидкість лічби справжніх збігів пропорційна добутку вищезгаданих ймовірностей:

$$m_{12} = AP_1 P_2. \quad (4)$$

Швидкість відліку випадкових збігів буде з урахуванням (1):

$$c_{\text{вин}} = 2\tau m_1 m_2 = 2\tau A^2 P_1 P_2. \quad (5)$$

Умова $C_{\text{вип}} < m_{12}$ веде до

$$2\tau A < 1. \quad (6)$$

Для роздільного часу близько 1 мксек активність джерела повинна бути менша $5 \cdot 10^5$ Бк.

Отже повна швидкість відліку збігів складається із справжніх збігів, випадкових збігів і збігів фонових:

$$m_{\text{повн}} = m_{12} + c_{\text{вип}} + b_{\phi}. \quad (7)$$

Із співвідношення (3) виходить, що ймовірності реєстрації 1-м і 2-м лічильниками визначаються виразами:

$$P_1 = \frac{m_{12}}{m_1}; \quad P_2 = \frac{m_{12}}{m_2}. \quad (8)$$

Неважко показати, що у першому наближенні для точкової геометрії експерименту:

$$m_{1,2} = A \frac{\Omega_{1,2}}{4\pi} \cdot e^{-\mu_{1,2} d_{1,2}} \cdot \varepsilon_{1,2} = A \cdot P_{1,2}, \quad (9)$$

де $\Omega_{1,2}$ – тілесний кут, під яким видно робочий об'єм відповідного лічильника, $e^{-\mu d}$ — фактор для врахування поглинання в стінках лічильників, $\varepsilon_{1,2}$ – величина ефективності лічильників.

З (3) і (4) одержимо вираз (10) для визначення активності джерела

$$A = \frac{m_1 m_2}{m_{12}}. \quad (10)$$

Якщо період напіврозпаду радіоактивного елемента дуже великий, активність препарату A за час проведення вимірів може вважатись постійною величиною:

$$A = \frac{dn}{dt} = \lambda n,$$

Причому стала розпаду:

$$\lambda = A / n,$$

а період напіврозпаду:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2 \cdot n}{A},$$

де $n = \frac{Nm}{M}$ — число ядер в препараті, N – число Авогадро, M – молярна маса радіоактивного ізотопу, m – маса ізотопу в препараті.

Для вимірювань з використанням схеми збігів найпростішою є геометрія, при якій джерело розміщують між двома лічильниками, з напрямленими один на одного вікнами (рис.1).

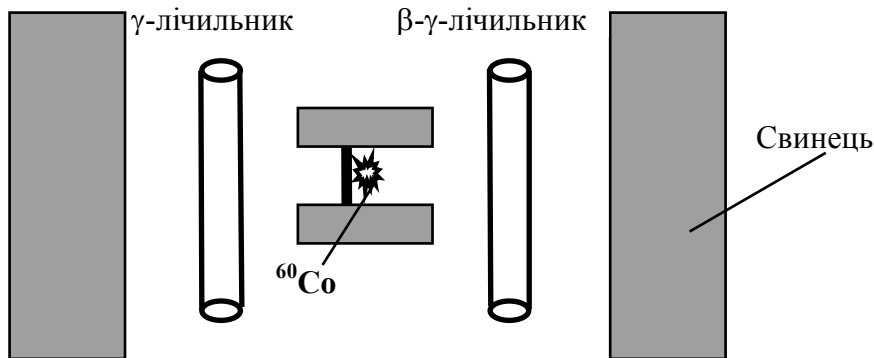


Рис.1. Схема експериментальної установки.

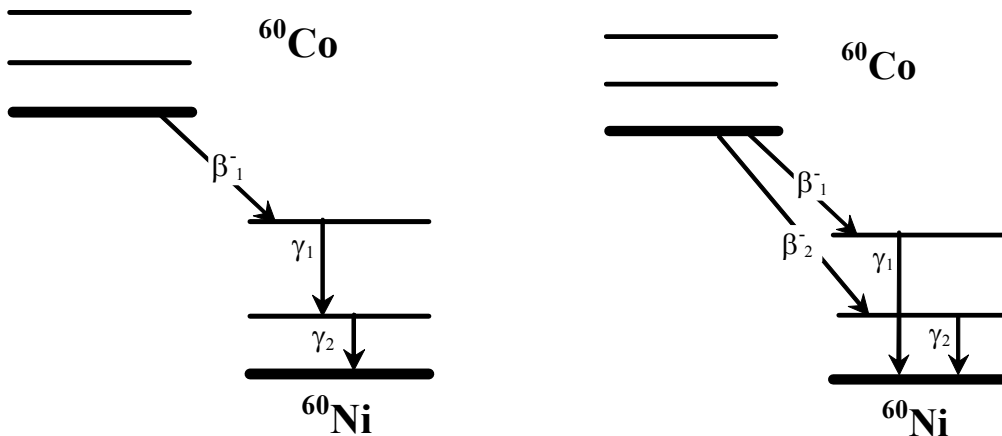


Рис.2. Можливі схеми розпаду ^{60}Co .

Джерело ^{60}Co дає β -спектр з максимальною енергією 0.31 MeV і дві γ -лінії з енергією 1.17 та 1.33 MeV. За таких умов можна припустити дві схеми розпаду, згідно рис.2. Вибір між ними можна зробити на основі вивчення γ - γ -збігів.

Експериментальна частина

Для виконання роботи необхідні наступні прилади і джерела: ^{60}Co і ^{238}U , 2 лічильники, схема збігів, лічильні прилади, блоки живлення.

Завдання

1. Розмістити ^{60}Co біля 1-го лічильника, а ^{238}U біля 2-го лічильника на деяких відстанях. Додержатися заходів, щоб випромінювання ^{60}Co не потрапляло в 2-й лічильник і навпаки. Для цього між двома лічильниками встановлюється свинцевий блок. Виміряти кількість імпульсів в каналах 1 і 2 та кількість збігів. Час вимірів вибирається в залежності від необхідної статистичної точності (для виміру збігів близько 20 хвилин).
2. Повторити вимірювання, збільшивши швидкість лічби в одному з лічильників у 1.5-2 рази (для цього потрібно зменшити відстань між відповідним джерелом і лічильником).
3. Повторити вимірювання, збільшивши швидкості лічби обох лічильників у 1.5-2 рази.
4. Щоб перейти безпосередньо до вимірювання збігів, джерело ^{60}Co треба розмістити між двома лічильниками згідно рис.1.

5. Виміряти відліки в кожному каналі і відліки збігів.
6. Вилучити джерела і поміряти фон в каналах і фон збігів.
7. Побудувати графік залежності $m_{\text{вип}}$ від m_1 і m_2 для результатів, одержаних в пунктах 1–3. Провести пряму лінію через точки. Вона мусить пройти через початок координат, оскільки фон збігів від космічних частинок настільки малий, що ним можна знехтувати. Визначити роздільний час у відповідності з рівнянням (1).
8. Підрахувати, виходячи з повних швидкостей лічби в окремих каналах, виміряних в пункті 5, випадкові збіги. Відняти їх разом з фоновими збігами, знайденими в пункті 6, із виміряних швидкостей лічби збігів, щоб знайти m_{12} .
9. З повної величини швидкості γ -збігів (при вимірюванні з поглиначем) і величини тут же одержаних випадкових збігів зробити висновок про схему розпаду ^{60}Co .
10. Підрахувати активність джерела A (з використанням рівняння 10). Знайти статистичну похибку результату, прийнявши до уваги точність визначення роздільного часу.
11. Підрахувати ймовірності реєстрації P_1 і P_2 . Визначити середні тілесні кути $\Omega_{1,2}$ й підрахувати ефективності лічильників ε_1 і ε_2 без врахування факторів для поглинання в стінках лічильників.
12. Підрахувати період напіврозпаду ізотопу ^{60}Co , знаючи, що маса препарату $m=2.7 \cdot 10^{-9}$ г.

Контрольні питання

1. Основні квантові характеристики основного і збудженого рівнів ядра.
2. Мультипольності радіаційних переходів між рівнями ядер. Магнітні та електричні переходи.
3. Принцип роботи лічильника Гейгера-Мюлера. Зовнішнє і внутрішнє гасіння розряду. Лічильна характеристика.
- 4.

Список літератури

1. Райский С.М., Смирнов В.Ф. Физические основы метода радиоактивных индикаторов. - М., 1956.-С.132-163.
2. Вальтер А.К.,Залюбовский И.И. Ядерная физика. - Харьков, 1978.-С.53-113.
3. Антонова И.А. и др. Практикум по ядерной физике.- 1979.- С.90-96.
4. Прайс В. Регистрация ядерного излучения. - М., 1960.-С.149-187.
5. Естулин И.В. Радиоактивные излучения. - М., 1962. - С.260.