

Лабораторная работа 4.3

Изменение абсолютной активности препарата ^{60}Co методом $\gamma - \gamma$ совпадений

Карцев Вадим

18 ноября 2021 г.

Цель работы: измерить абсолютную активность препарата ^{60}Co .

В работе используются: препарат ^{60}Co , ФЭУ, свинцовые заслонки.

1 Аннотация

В ходе работы мы измерили абсолютную активность препарата ^{60}Co ($N_0 \approx 3.44$ МБк) и построили зависимость результата измерений от разрешающей способности в методе $\gamma - \gamma$ совпадений.

2 Теоретическая справка

Закон радиоактивного распада:

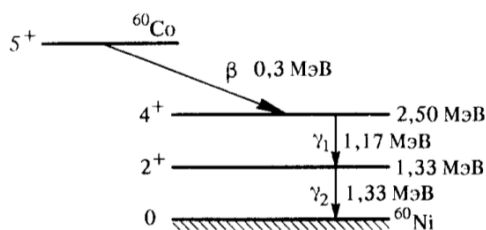
$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Абсолютная активность равна:

$$N_0 = \frac{4\pi m}{\varepsilon \omega}$$

где ε - эффективность счетчика, ω - телесный угол.

Описание N_0 значительно упрощается, если использовать в качестве образца радиоактивный элемент, при распаде которого последовательно испускаются несколько частиц. Такие распады называются каскадными. Распад ^{60}Co - каскадный.



Р и с. 1. Схема радиоактивного распада ^{60}Co . Цифры слева обозначают спин уровня, знак плюс — положительную четность состояния; цифры справа указывают энергию уровня, цифры при стрелках — энергию перехода

Вероятность регистрации γ -кванта первым и вторым счетчиками:

$$P_1 = \frac{\omega_1 \varepsilon_1}{4\pi}; \quad P_2 = \frac{\omega_2 \varepsilon_2}{4\pi}$$

Если включить оба счетчика в схему совпадений с разрешающим временем $\tau \gg 10^{-11}\text{с}$, то каскадные γ -кванты будут регистрироваться одновременно. Вероятность совпадения будет равна:

$$P_{co} = P_1 P_2$$

Эта формула справедлива, если попадание одного γ -кванта в первый счетчик и попадание второго во второй являются независимыми событиями.

Вероятность истинных совпадений:

$$P_{co} = W(\theta) P_1 P_2$$

где $W(\theta)$ - корреляционная функция, определяющая анизотропию направления вылета второго γ -кванта по отношению к направлению первого. При $\theta = 180^\circ$ для ^{60}Co $W = 1.08$

Получаем для абсолютной активности выражение:

$$N_0 = 1.08 \frac{N_1 N_2}{2N_{co}}$$

где N_1, N_2 - истинные скорости счета, которые определяются как разность полной скорости счета и фона для каждого счетчика, а скорость истинных совпадений N_{co} определяется как разность полного числа совпадений и числа случайных совпадений:

$$n_c = 2\tau n_1 n_2$$

где τ - разрешающее время схемы совпадений.

3 Определение времени измерения

Определим какое время необходимо производить измерения, для того чтобы добиться заданной погрешности. Для этого дважды замерим скорость счета фона и излучения в течение минуты и выясним, какую погрешность имеет минутное измерение.

Для закрытых ФЭУ нам необходимо добиться погрешности 1%. Так, составим таблицу.

Устройство	$N_{1\phi}$	$N_{2\phi}$	ε_N
ФЭУ ₁	5527	5440	1.59%
ФЭУ ₂	2393	2443	2.07%

Таким же образом построим таблицу для открытых ФЭУ. Для открытых ФЭУ необходимо добиться погрешности 0.5%

Устройство	$N_{1\phi}$	$N_{2\phi}$	ε_N
ФЭУ ₁	311463	314004	0.81%
ФЭУ ₂	160015	158823	0.75%

Так, для получения необходимой погрешности необходимо производить измерения в течение следующих времен: для открытого и закрытого ФЭУ₁ – 3 минуты, для открытого ФЭУ₂ – 3 минуты, для закрытого – 5 минут.

4 Измерение скоростей счёта фона

Устройство	t , мин	N_ϕ	n_ϕ , с ⁻¹
ФЭУ ₁	3	17054	94.74
ФЭУ ₂	5	14081	46.94

5 Измерение скоростей счёта излучения

Откроем ФЭУ и будем мерять скорость излучения в течение времени, необходимого для получения погрешности 0.5%

Устройство	t , мин	N_n	n_n , с ⁻¹
ФЭУ ₁	3	959356	5329.76
ФЭУ ₂	3	484083	2689.35

6 Измерение скоростей счета совпадений

Измерим скорость счета в режиме совпадений. В этом режиме мы будем считать количество совпадающих срабатываний обоих ФЭУ в рамках времени разрешающей способности.

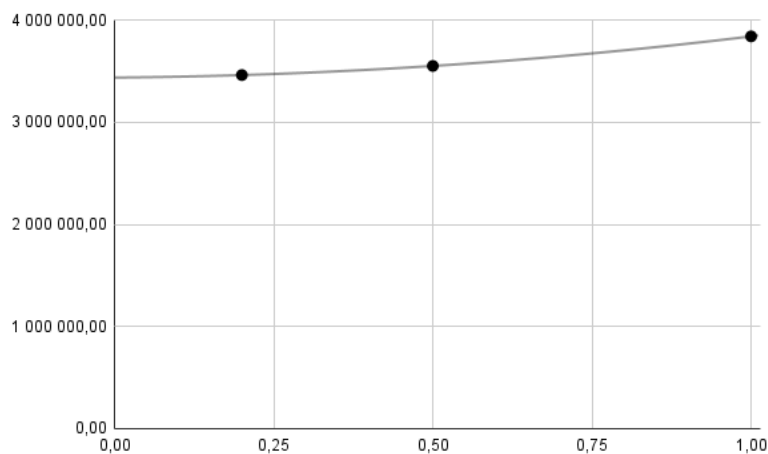
В данном случае выбрали длительность замера 4 минуты. Так мы добьемся достаточно малой погрешности.

Для подсчета N_0 воспользуемся формулой

$$N_0 = 1.08 \frac{N_1 N_2}{2N_{совн}} = 1.08 \frac{(n_{1n} - n_{1\phi})(n_{2n} - n_{2\phi})}{2(n_{совн} - 2\tau n_{1n} n_{2n})}$$

τ , мкс	t , мин	$N_{совн}$	$n_{совн}$, с ⁻¹	N_0 , Бк
0.2	4	1894	7.89	3461093
0.5	4	3951	16.46	3508749
1.0	4	7397	30.82	3468418

Построим график зависимости скорости счёта от разрешающей способности.



Из графика можно понять, что абсолютная активность ^{60}Co составляет примерно 3.44 МБк. Очевидно, что погрешность определения абсолютной активности заметно растёт с увеличением разрешающей способности.

7 Вывод

В ходе проведения измерений получили абсолютную активность ^{60}Co $N_0 \approx 3.44$ МБк и выяснили, что при увеличении разрешающей способности заметно растёт неточность в определении абсолютной активности.