

Лабораторная работа 5.6  
Изменение абсолютной активности препарата  $^{60}\text{Co}$   
методом  $\gamma - \gamma$  совпадений

Карцев Вадим

18 ноября 2021 г.

**Цель работы:** измерить абсолютную активность препарата  $^{60}\text{Co}$ .

**В работе используются:** препарат  $^{60}\text{Co}$ , ФЭУ, свинцовые заслонки.

## 1 Аннотация

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

## 2 Теоретическая справка

Закон радиоактивного распада:

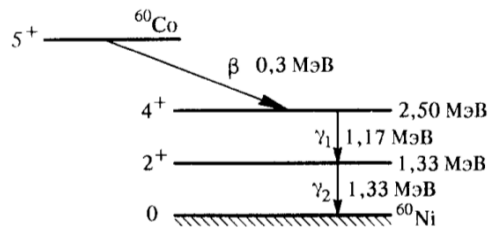
$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Абсолютная активность равна:

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

где  $\varepsilon$  - эффективность счетчика,  $\omega$  - 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  $^{60}\text{Co}$  - каскадный.



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

Вероятность регистрации  $\gamma$ -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 сему совпадений с разрешающим временем  $\tau \gg 10^{-11} \text{ с}$ , то каскадные  $\gamma$ -кванты будут регистрироваться одновременно. Вероятность совпадения будет равна:

$$P_{co} = P_1 P_2$$

Эта формула справедлива, если попадание одного  $\gamma$ -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  $\gamma$ -кванта по отношению к направлению первого. При  $\theta = 180^\circ$  для  $^{60}\text{Co}$   $W = 1.08$

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  $\tau$  - 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	Измерение 1	Измерение 2	Погрешность
ФЭУ <sub>1</sub>	5527	5440	1.59%
ФЭУ <sub>2</sub>	2393	2443	2.07%

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

Устройство	Измерение 1	Измерение 2	Погрешность
ФЭУ <sub>1</sub>	311463	314004	0.81%
ФЭУ <sub>2</sub>	160015	158823	0.75%

Так, для получения необходимой погрешности необходимо производить измерения в течение следующих времен: для открытого и закрытого ФЭУ<sub>1</sub> – 3 минуты, для открытого ФЭУ<sub>2</sub> – 3 минуты, для закрытого – 5 минут.

### 4 Измерение скоростей счёта фона

Устройство	$t$ , мин	Количество частиц	Скорость счёта
ФЭУ <sub>1</sub>	3	17054	94.74
ФЭУ <sub>2</sub>	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	Количество частиц	Скорость счёта
ФЭУ <sub>1</sub>	3	959374	5329.86
ФЭУ <sub>2</sub>	3	484083	2689.35

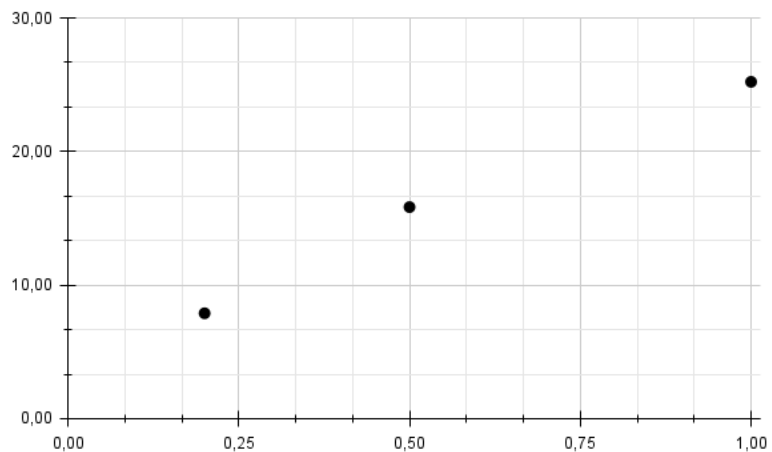
### 6 Измерение скоростей счета совпадений

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. В данном случае мы добьемся достаточно малой погрешности.

$\tau$ , мс	$t$ , мин	Количество частиц	Скорость счёта
0.2	4	1894	7.89
0.5	4	3802	15.84
1.0	4	6053	25.22

Построим график зависимости скорости счёта от разрешающей способности.



## 7 Вывод

В ходе проведения измерений получили линейную зависимость скорости счёта излучения от разрешающей способности.