

Лабораторная работа 5.5.1

Измерение коэффициента ослабления потока γ -лучей в веществе

Выполнил Жданов Елисей Б01-205

1 Цель работы:

С помощью сцинтиляционного счётчика измеряются линейные коэффициенты ослабления потока γ -лучей в свинце, железе и алюминии; по их величине определяется энергия γ -квантов.

2 Оборудование:

Источник излучения

γ спектрометр

3 Теоретическая справка

Проходя через вещество, пучок γ -квантов постепенно ослабляется, ослабление происходит по экспоненциальному закону, который может быть записан в двух эквивалентных формах:

$$I = I_0 e^{-\mu l},$$

$$I = I_0 e^{-\mu' m_l},$$

где I, I_0 – интенсивности прошедшего и падающего излучений, l – длина пути, пройденного пучком γ -лучей, m_l – масса пройденного вещества на единицу площади, μ, μ' – константы, зависящие от вещества. Ослабление потока γ -лучей возникает из-за фотоэлектрического поглощения, комптоновского рассеяния и генерации электрон-позитронных пар (при достаточных энергиях).

Считая геометрию идеальной, то есть сквозь вещество всегда идёт узкий параллельный пучок, можно считать, что комптоновское рассеяние выводит γ -кванты из пучка и в итоге меняется количество, но не энергия γ -квантов. Это означает, что μ не зависит от l . Число выбывших на пути dl из пучка γ -квантов

$$-dN = \mu N dl,$$

откуда

$$N = N_0 e^{\mu l},$$

или

$$\mu = \frac{1}{l} \ln \frac{N_0}{N}.$$

4 Экспериментальная установка

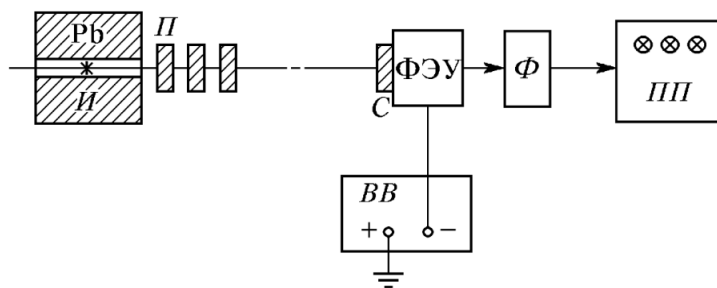


Рис. 1: Схема установки.

На Рис. 1 изображена схема установки. Свинцовый коллиматор выделяет узкий почти параллельный пучок γ -квантов, проходящий через набор поглотителей П и регистрируемый сцинтилляционным счётчиком. Сигналы от счётчика усиливаются и регистрируются пересчётным прибором ПП. Высоковольтный выпрямитель ВВ обеспечивает питание сцинтилляционного счётчика. Чтобы уменьшить влияние плохой геометрии, счётчик расположен на большом расстоянии от источника, поглотители имеют небольшие размеры, а так же устанавливаются на расстоянии друг от друга, чтобы испытавшие комптоновское рассеяние кванты с меньшей вероятностью могли в него вернуться.

5 Измерения, Обработка

Включив установку, убеждаемся в том, что она чувствует гамма-лучи: подаем на ФЭУ напряжение, указанное на установке. Не забываем прогреть установку положенное время (10 минут). Измерив скорость счета при полностью открытом коллиматоре, а затем при коллиматоре, закрытом свинцовой пробкой, отметим, что скорость счета резко уменьшается (см результаты измерений), что свидетельствует об исправности

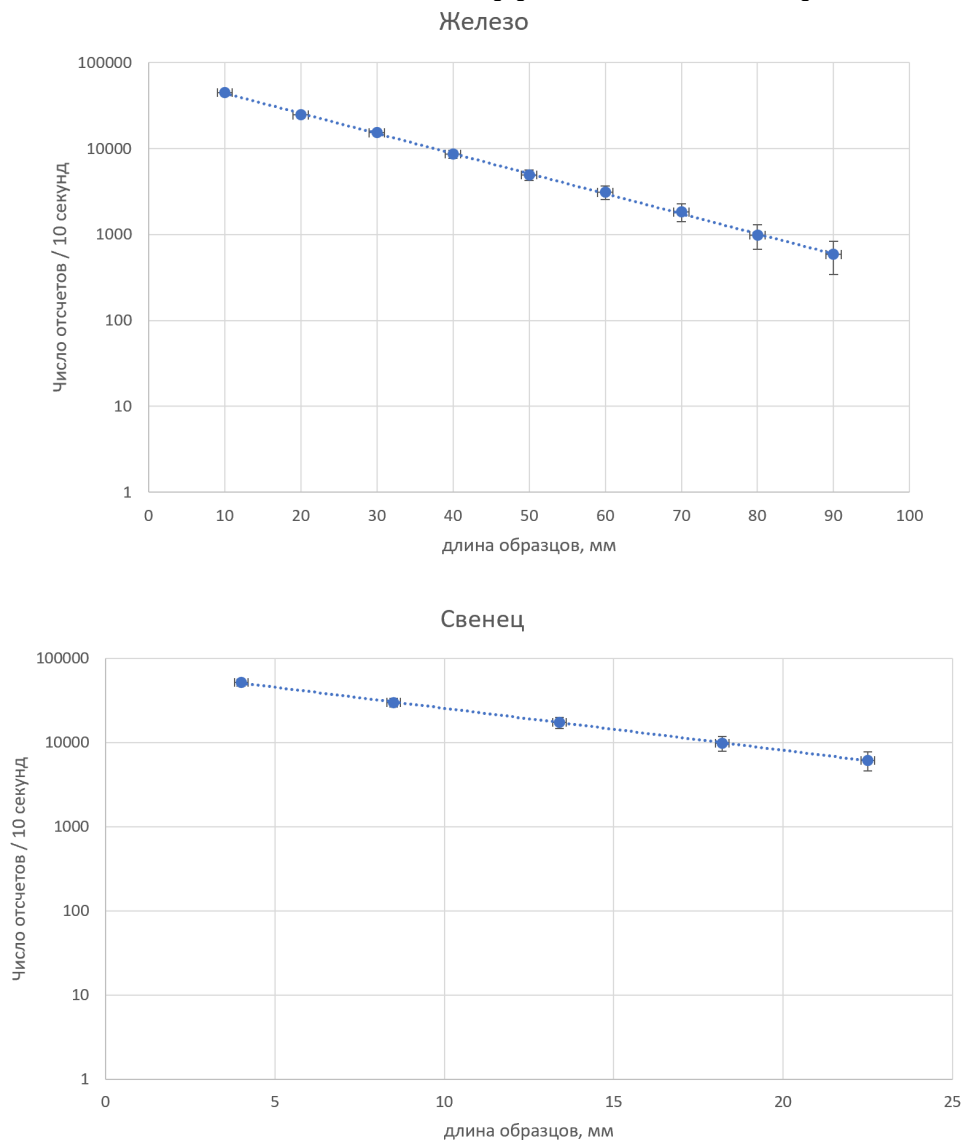
счетчика. Счетчик не уходит в зашкал, проверим, что скорость счета в 1000 импульсов выполняется для всех образцов, при необходимости интервал был увеличен до 20 секунд.

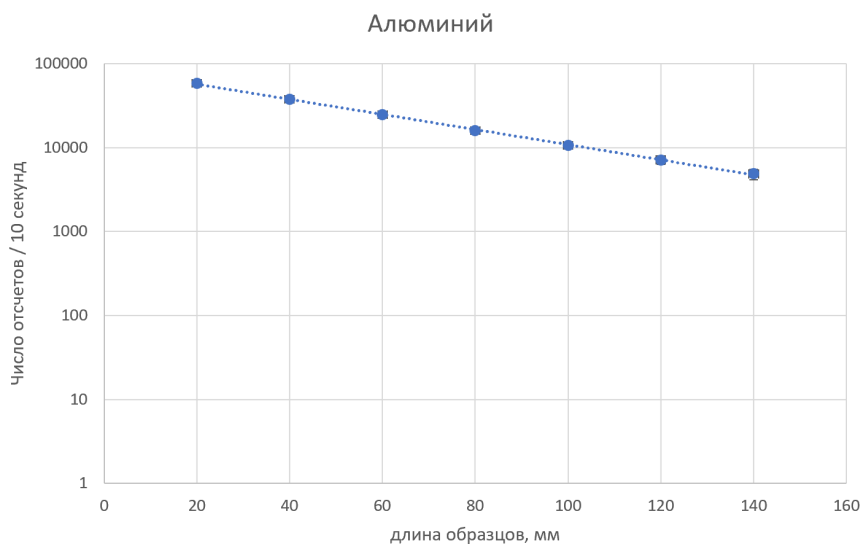
Теперь исследуем поглощение γ -лучей в свинце, железе и алюминии. Для этого измеряем число частиц, попадающих в счетчик. Количество поглощенных лучей измеряем для разного числа образцов. Погрешность измерений считаем корнем из числа частиц ($\sigma_N = \sqrt{N}$).

Погрешность всех измерений толщины считаем приборной $\sigma_x = 0.2$ см.

Построим кривые зависимости логарифма посчитанных частиц $\ln N$, где N_0 – число частиц без поглотителей, от суммарной толщины образцов l . Погрешность N пропорциональна \sqrt{N} .

Графики представим на рисунке. Прямые имеют фиксированную точку пересечения с осями в нуле. С помощью МНК найдём коэффициент наклона прямых.





В Таблице представлены коэффициенты наклона, они же коэффициенты поглощения μ , погрешность взята из МНК. По таблице в учебнике определим среднюю энергию γ -квантов в каждом опыте.

$$\text{железо } y = (4.877 \pm 0.011) - (0.02336 \pm 0.0002) \cdot x$$

$$\text{свинец } y = (4.9102 \pm 0.0062) - (0.04991 \pm 0.00042) \cdot x$$

$$\text{алюминий } y = (4.967 \pm 0.017) - (0.01212 \pm 0.00019) \cdot x$$

Найдем угловые коэффициенты прямых для каждой установки по МНК.

$$a = \frac{\langle x_i y_i \rangle - \langle x \rangle \langle y_i \rangle}{\langle x_i^2 \rangle - \langle x_i \rangle^2}$$

$$b = \langle y_i \rangle - a \langle x_i \rangle$$

Также рассчитаем их погрешности

$$S_a^2 = \frac{\langle x_i^2 \rangle}{\langle x_i^2 \rangle - \langle x_i \rangle^2} \cdot \frac{\langle b_i - b \rangle^2}{n - 2}$$

Пересчитаем эти значения в коэффициент поглощения по формуле 3.

	$\mu, \text{см}^{-1}$	$\sigma_\mu, \text{см}^{-1}$	$E_\gamma, \text{МэВ}$
Pb	1.44	0.06	0.60
Al	0.249	0.004	0.60
Fe	0.703	0.010	0.50

Таблица 1: Значения коэффициентов поглощения и энергия γ -квантов.

6 Вывод

Длины свободного пробега ожидаемо соответствует плотности металлов, хоть и не пропорциональна. Для алюминия и железа пропорциональность приближенно выполнена(в пределах 10%) в то время как для свинца отличие существенно(20%). Это говорит о большем вкладе фотоэлектрического поглощения, поскольку оно сильно зависит от заряда. В остальном, значения близки к табличным и позволяют говорить о верной постановке эксперимента. Энергия излучения совпадает с указанной для препарата на установке.

7 Ресурсы

Расчет по МНК: метод-наименьших-квадратов.рф