

Лабораторная работа № 5.5.1  
**Измерение коэффициента ослабления потока  $\gamma$ -лучей в  
веществе и определение их энергии.**

Трунов Владимир  
Группа Б01-108

**Цель работы:** с помощью сцинтилляционной счетки измерить линейные коэффициенты ослабления потока  $\gamma$ -лучей в свинце, железе и алюминии; по их величине определить энергию  $\gamma$ -квантов.

## 1 Теоретическая часть

Гамма-лучи возникают при переходе возбужденных ядер из одного энергетического состояния в другое, более низкое. Энергия  $\gamma$ -квантов обычно заключена между несколькими десятками килоэлектронвольт и несколькими миллионами электронвольт. Гамма-кванты не несут электрического заряда, их масса равна нулю. Проходя, через вещество, пучок  $\gamma$ -квантов постепенно ослабляется. Ослабление происходит по экспоненциальному закону, который может быть записан в следующей форме:

$$I = I_0 e^{-\mu l}, \quad (1)$$

где  $I$ ,  $I_0$  – интенсивности прошедшего и падающего излучений;  $l$  – длина пути, пройденного пучком  $\gamma$ -лучей;  $\mu$  – коэффициент ослабления потока в веществе.

Ослабление потока  $\gamma$ -лучей, происходящее при прохождении среды, связано с тремя эффектами: фотоэлектрическим поглощением, комптоновским рассеянием и с генерацией электрон-позитронных пар.

В случае опытов, поставленных в хорошей геометрии, при прохождении  $\gamma$ -лучей через вещество меняет только количество, но не энергия  $\gamma$ -квантов в пучке, так что коэффициент  $\mu$ , характеризующий поглощение  $\gamma$ -квантов в веществе, не зависит от длины пути. Обозначим через  $-dN$  число  $\gamma$ -квантов, выбывших из пучка на пути  $dl$ . Это число пропорционально имеющемуся их числу  $N$  и пройденному пути  $dl$ . Следовательно,

$$-dN = \mu N dl. \quad (2)$$

Интегрируя уравнение (2) от нулевой толщины до заданной, получим

$$N = N_0 e^{-\mu l}. \quad (3)$$

Вообще говоря, в плохой геометрии, когда рассеянные под небольшими углами  $\gamma$ -кванты остаются в пучке, их спектр с прохождением вещества меняется, поэтому формула (1) неприменима. Однако в этом случае она работает лучше, чем можно было ожидать.

В данной работе коэффициент ослабления  $\mu$  измеряется в хорошей геометрии. Из формулы (3) имеем:

$$\mu = \frac{1}{l} \ln \frac{N_0}{N}. \quad (\star)$$

Для определения коэффициента ослабления нужно, таким образом, измерить толщину образца  $l$ , число падающих частиц  $N_0$  и число частиц  $N$ , прошедших через образец.

## 2 Экспериментальная установка

Схема установки, используемой в работе, показана на рис. 1. Свинцовый коллиматор выделяет узкий почти параллельный пучок  $\gamma$ -квантов, проходящий через набор поглотителей  $\Pi$  и регистрируемый сцинтиляционным счетчиком. Сигналы от счетчика усиливаются и регистрируются пересчетным прибором ПП. Высоковольтный выпрямитель ВВ обеспечивает питание сцинтиляционного счетчика.

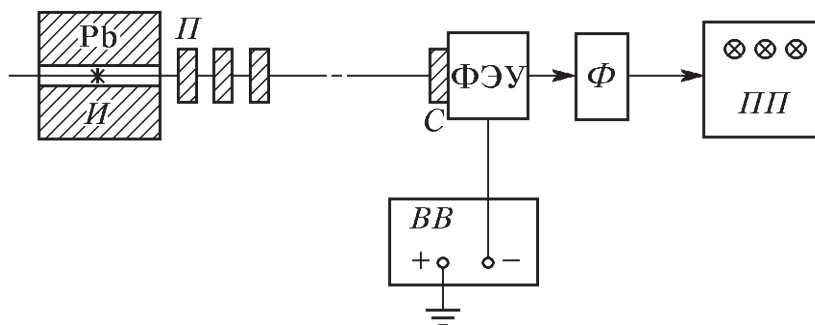


Рис. 1: Блок-схема установки, используемой для измерения коэффициентов ослабления потока  $\gamma$ -лучей.

При недостаточно хорошей геометрии в результаты опытов могут вкратиться существенные погрешности. В реальных установках всегда имеется конечная вероятность того, что  $\gamma$ -квант провзаимодействует в поглотителе несколько раз до того, как попадет в детектор (пути таких квантов показаны на рис. 2). Чтобы уменьшить число таких случаев, в данной работе сцинтиляционный счетчик расположен на большом расстоянии от источника  $\gamma$ -квантов, а поглотители имеют небольшие размеры. Их следует устанавливать за коллиматорной щелью на некотором расстоянии друг от друга, чтобы испытавшие комптоновское рассеяние и выбывшие из прямого потока кванты с меньшей вероятностью могли в него вернуться.

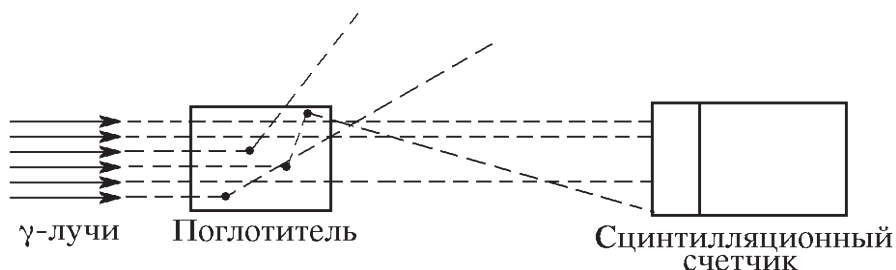


Рис. 2: Схема рассеяния  $\gamma$ -квантов в поглотителе.

### 3 Экспериментальные данные

В условиях нашего эксперимента необходимо учитывать фон, поэтому

$$N_0 = n_0 - n_{\text{фон}}, \quad N = n - n_{\text{фон}}.$$

	$d$ , мм
аллюминий	19.66
железо	11
свинец	4.68

Таблица 1: Толщина образцов.

Таблица 2: Измерение фона и потока  $\gamma$ -излучения в воздухе.

	$t$ , с	$n_1$	$n_2$	$n_3$
$n_{\text{фон}}$	180	4421	4404	4467

Усредним значения  $n_{\text{фон}}$ :

$n_{\text{фон}}$	4431
------------------	------

Таблица 3: Результаты измерений.

Алюминий			Железо			Свинец		
кол-во	$t$ , с	$n$	кол-во	$t$ , с	$n$	кол-во	$t$ , с	$n$
1	10	39653	1	10	33651	1	10	33388
2	15	40102	2	20	38254	2	20	38598
3	30	53861	3	30	32764	3	30	33293
4	40	47422	4	40	24772	4	40	25304
5	50	39699	5	50	18259	5	50	18491
			6	60	11339	6	60	13636
			7	70	9722	7	70	10506

## 4 Обработка результатов

Для определения коэффициента ослабления  $\mu$  в различных веществах необходимо построить графики зависимостей  $\ln N_0/N$  от  $l$ . Погрешность вычисления натурального логарифма можно оценить следующим образом:

$$\sigma_{\ln} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{n_0}}{n_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_n}{n}\right)^2} \approx 0,03\sqrt{2} \approx 0,04.$$

Таблица 4: Результаты вычислений.

Алюминий		Железо		Свинец	
кол-во	$\ln N/N_0$	кол-во	$\ln N/N_0$	кол-во	$\ln N/N_0$
1	0	1	0	1	0
2	-0,4	2	-0,57	2	-0,55
3	-0,8	3	-1,14	3	-1,12
4	-1,22	4	-1,73	4	-1,69
5	-1,63	5	-2,28	5	-2,26
		6	-3,01	6	-2,79
		7	-3,37	7	-3,27

По данным таблицы 4 были построены прямые (рис. 3), наклоны которых согласно формуле (\*) есть линейные коэффициенты ослабления  $\mu$  потока  $\gamma$ -излучения в веществе.

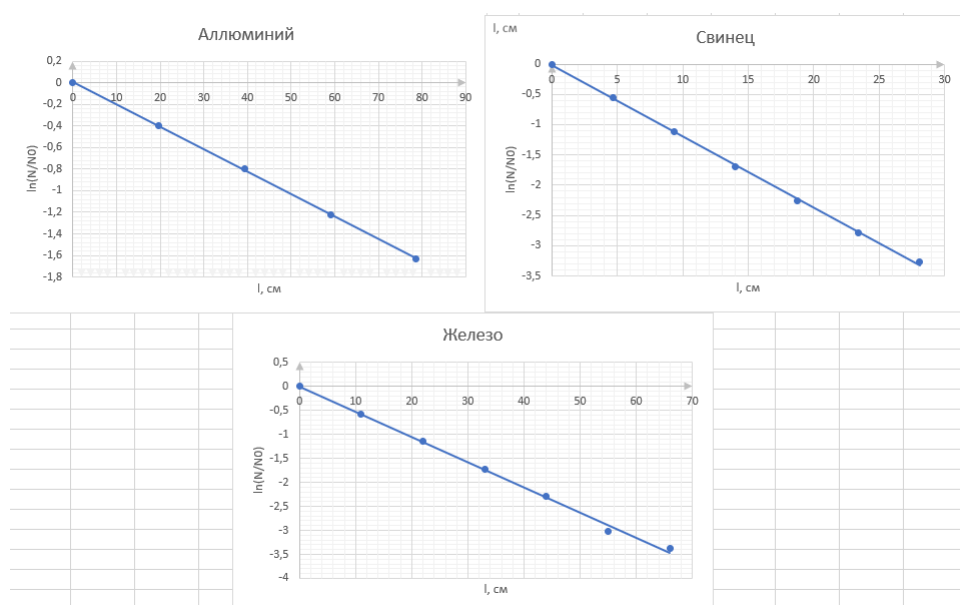


Рис. 3: Графики зависимостей  $\ln N_0/N$  от  $l$  для различных материалов.

Имеем:

Таблица 5: Наклоны прямых.

	Свинец	Железо	Алюминий
$\mu, 10^{-3} \cdot \text{см}^{-1}$	$1179 \pm 12$	$524 \pm 5$	$208 \pm 7$