

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ФИЗТЕХ-ШКОЛА РАДИОТЕХНИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Работа 5.1

Измерение коэффициента ослабления потока
 γ -лучей в веществе и определение их энергии

Работу выполнил:
Долгов Александр Алексеевич, группа Б01-109

Долгопрудный, 2023

Содержание

1	Аннотация	2
2	Теоретические сведения	2
3	Экспериментальная установка	3
4	Измерения и обработка их результатов	3
5	Вывод	4
6	Приложения	5
6.1	Таблицы	5
6.2	Графики	6

Список таблиц

1	Измерения фона	5
2	Толщины поглотителей	5
3	Алюминий	5
4	Свинец	5
5	Железо	5

Список иллюстраций

1	Схема экспериментальной установки	3
2	Зависимость логарифма числа частиц от толщины образца	6

1 Аннотация

В данной работе с помощью сцинтилляционного счётчика измеряются линейные коэффициенты ослабления потока γ -лучей в свинце, железе и алюминии. По величине этих коэффициентов определяются энергия γ -квантов.

2 Теоретические сведения

Гамма-излучение - излучение, возникающее при переходе атомных ядер в состояние с меньшей энергией.

При прохождении через вещество пучок γ -квантов ослабляется по закону, который можно записать в двух эквивалентных формах:

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

$$I = I_0 e^{-\mu' \sigma}, \quad (2)$$

где I , I_0 - интенсивности прошедшего и падающего излучений, l - длина пути, пройденного пучком в веществе, σ - масса пройденного вещества, приходящаяся на единицу площади, μ , μ' - константы, величина которых зависит от вещества, сквозь которое проходят лучи ($[\mu] = \frac{1}{\text{см}}$, $[\mu'] = \frac{\text{см}^2}{\text{г}}$).

Данное ослабление обусловлено тремя эффектами: фотоэлектрическим поглощением, комптоновским рассеянием и генерацией электрон-позитронных пар. При этом коэффициент μ равен сумме таких коэффициентов для этих трёх процессов.

Рассмотрим случай *хорошей геометрии*, т.е. пучок γ -лучей предполагается узким и тонким. В этом случае комптоновское рассеяние и генерация пар выводят γ -кванты из пучка. Поэтому при прохождении через вещество количество квантов меняется, а их энергия - нет.

Обозначим через $-dN$ число γ -квантов, выбывших из пучка на пути dl . Вследствие *хорошей геометрии* имеем:

$$-dN = \mu N dl, \quad \mu = \text{const}$$

Интегрированием последнего соотношения получим:

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

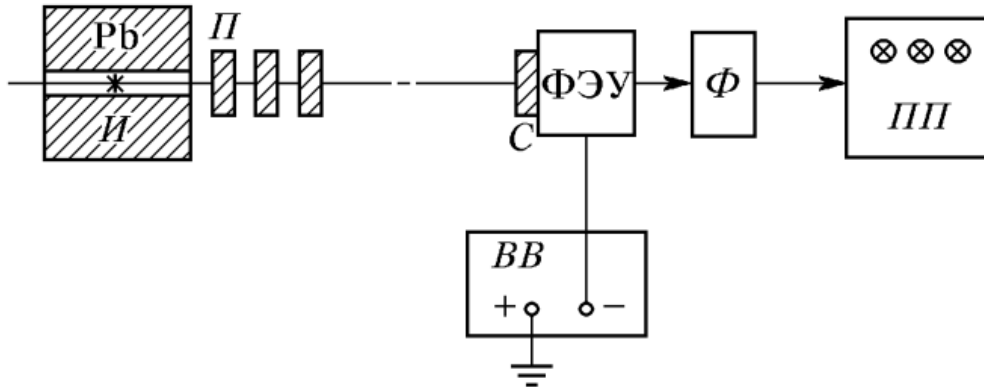
где N_0 , N - число γ -квантов в падающем и прошедшем излучении, соответственно. Последняя формула является аналогом формул (1) и (2). Далее, находим:

$$\boxed{\mu = \frac{1}{l} \ln \frac{N_0}{N}} \quad (3)$$

3 Экспериментальная установка

Схема установки показана на рисунке 1.

Рис. 1: Схема экспериментальной установки



Свинцовые коллиматор выделяет узкий почти параллельный пучок γ -квантов, проходящий через набор поглотителей Π и регистрируемый сцинтилляционным счётчиком. Сигналы от счётчика усиливаются и регистрируются пересчётным прибором $\Pi\Pi$. Высоковольтный выпрямитель $ВВ$ обеспечивает питание сцинтилляционного счётчика.

Для того, чтобы γ -кванты, провзаимодействовавшие в поглотителе и вернувшиеся в пучок, не попали в сцинтилляционный счётчик, его следует располагать на достаточно большом расстоянии от источника γ -квантов.

4 Измерения и обработка их результатов

Каждое измерение числа частиц проводилось в течение 60 секунд.

Сначала был измерен фон, то есть число зарегистрированных частиц при закрытом коллиматоре. Результаты приведены в таблице 1.

На основании этих измерений найдём среднее значение фона и его дисперсию.

$$\overline{N_{\Phi}} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 N_i \approx 1820; \quad \sigma_{\Phi} = \sqrt{\frac{1}{3-1} \sum_{i=1}^3 (N_i - \overline{N_{\Phi}})^2} \approx 82$$

Таким образом, для фона имеем:

$$N_{\Phi} = 1820 \pm 82$$

Далее было проведено измерение числа частиц, прошедших через образец при открытом коллиматоре, для разных материалов разной толщины. Последнего удалось добиться путём изменения числа поглотителей одинаковой толщины. Результаты измерения толщины одного поглотителя приведены в таблице 2.

Результаты измерений числа частиц, прошедших через поглотители, приведены в таблицах 3, 4, 5. Также было измерено число частиц в отсутствие поглотителей:

$$N_0 = 550204$$

Запишем формулу (3) в альтернативной форме, заодно учитывая наличие фона:

$$\ln(N - N_{\text{ф}}) = \ln(N_0 - N_{\text{ф}}) - \mu l$$

Из этого выражения видно, что μ - угловой коэффициент аппроксимирующей прямой на графике $(\ln(N - N_{\text{ф}}))(l)$. На основании данных из таблиц построим график 2. Линейные коэффициенты поглощения γ -лучей:

$$\mu_{Al} = (0.185 \pm 0.002) \text{ см}^{-1}$$

$$\mu_{Pb} = (0.74 \pm 0.05) \text{ см}^{-1}$$

$$\mu_{Fe} = (0.335 \pm 0.009) \text{ см}^{-1}$$

Обратимся к таблице V.4 "Линейные коэффициенты поглощения γ -лучей в различных веществах" из лабника. Определим по ней энергии γ -квантов:

$$E_{Al} \approx 0.8 \text{ МэВ}$$

$$E_{Pb} \approx 1.0 \text{ МэВ}$$

$$E_{Fe} \approx 2.0 \text{ МэВ}$$

5 Вывод

В ходе работы были получены линейные коэффициенты поглощения γ -лучей. Из этих коэффициентов были получены энергии γ -квантов, которые оказались различными для трёх материалов поглотителей. Возможным объяснением такого результата могут служить примеси, содержащиеся в поглотителях.

6 Приложения

6.1 Таблицы

Таблица 1: Измерения фона

Номер измерения	Число прошедших частиц
1	1908
2	1746
3	1807

Таблица 2: Толщины поглотителей

Материал	l_0 , см
Алюминий	1.98
Свинец	0.42
Железо	1.01

Таблица 3: Алюминий

Число брусков	N
1	387597
2	287608
3	192787
4	141892
5	95683
6	67870
7	45874
8	33481
9	23257
10	16317

Таблица 4: Свинец

Число брусков	N
1	396703
2	254763
3	177644
4	132110
5	102483
6	84341

Таблица 5: Железо

Число брусков	N
1	365055
2	250826
3	166156
4	114470
5	77888
6	53637
7	39070
8	28473
9	22190
10	16564
11	14694
12	10396

6.2 Графики

Рис. 2: Зависимость логарифма числа частиц от толщины образца

