

# Лабораторная работа 5.1.2. Эффект Комптона

Калинин Даниил,  
Мельникова Юлия,  
Б01-108

20 ноября 2023 г.

**Цель работы:** с помощью сцинтилляционного спектрометра исследуется энергетический спектр  $\gamma$ -квантов, рассеянных на графите. Определяется энергия рассеянных  $\gamma$ -квантов в зависимости от угла рассеяния, а также энергия покоя частиц, на которых происходит комптоновское рассеяние.

**В работе используются:**

- Источник  $\gamma$ -излучения  $^{137}\text{Cs}$  в свинцовом коллиматоре
- Фотоэлектронный умножитель на градуированном подвижном кронштейне  $\Delta = \pm 1^\circ$
- Компьютер с 10-разрядным АЦП  $\Delta = \pm 1$  канал

**Экспериментальная установка:**

Источником излучения служит  $^{137}\text{Cs}$ , испускающий  $\gamma$ -лучи с энергией 662 кэВ. Он помещен в толстенный свинцовый контейнер с коллиматором. Сформированный коллиматором узкий пучок  $\gamma$ -квантов попадает на графитовую мишень 2 (цилиндр диаметром 40 мм и высотой 100 мм.)

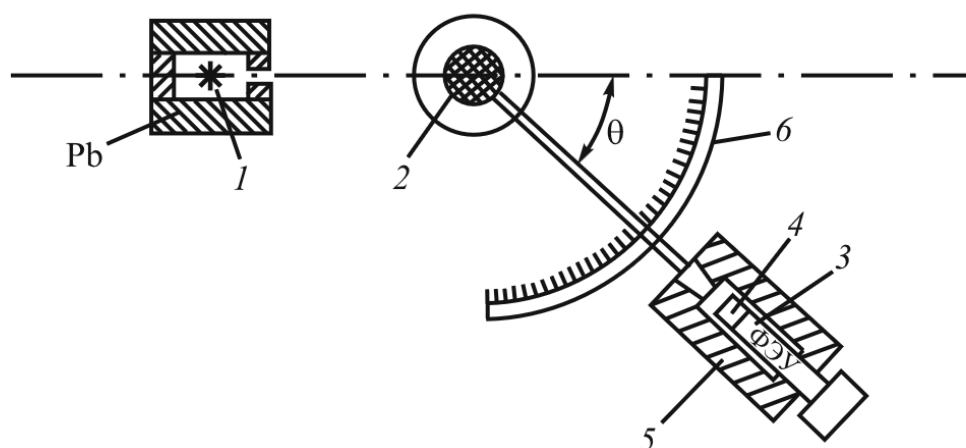


Рис. 1. Экспериментальная установка.

Кванты, испытавшие комптоновское рассеяние в мишени, регистрируются сцинтилляционным счетчиком. Счетчик состоит из фотоэлектронного умножителя 3 (далее ФЭУ) и

сцинтиллятора 4. Сцинтиллятором служит кристалл NaI(Tl) цилиндрической формы диаметром 40 мм и высотой 40 мм, его выходное окно находится в оптическом контакте с фотокатодом ФЭУ. Сигналы, возникающие на ФЭУ, подаются на ЭВМ для амплитудного анализа. Кристалл и ФЭУ расположены в светонепроницаемом блоке, укрепленном на горизонтальной штанге. Штанга вместе с этим блоком может вращаться относительно мишени, угол поворота отсчитывается по лимбу 6.

На Рис. 1 представлена функциональная блок-схема измерительного комплекса, который состоит из ФЭУ, питаемого от высоковольтного выпрямителя ВСВ, обеспечивающего работу ФЭУ в спектрометрическом режиме, усилителя-анализатора УА, являющегося входным интерфейсом ЭВМ, управляемой с клавиатуры КЛ. В ходе проведения эксперимента информация отражается на экране дисплея Д, окончательные результаты в виде таблиц и графиков могут быть выведены на принтер ПР.

### Экспериментальные данные:

$\theta, ^\circ$	$\sigma_\theta, ^\circ$	$N$	$\sigma_N$
0	1	792	10
10	1	798	10
20	1	687	10
30	1	671	20
40	1	620	20
50	1	555	20
60	1	479	20
70	1	414	25
80	1	361	25
90	1	343	25
100	1	304	25

Таблица 1. Измеряемые величины и их погрешность.

### Ход работы:

Оценим погрешности величин  $1 - \cos \theta$  и  $1/N$  по следующим формулам:

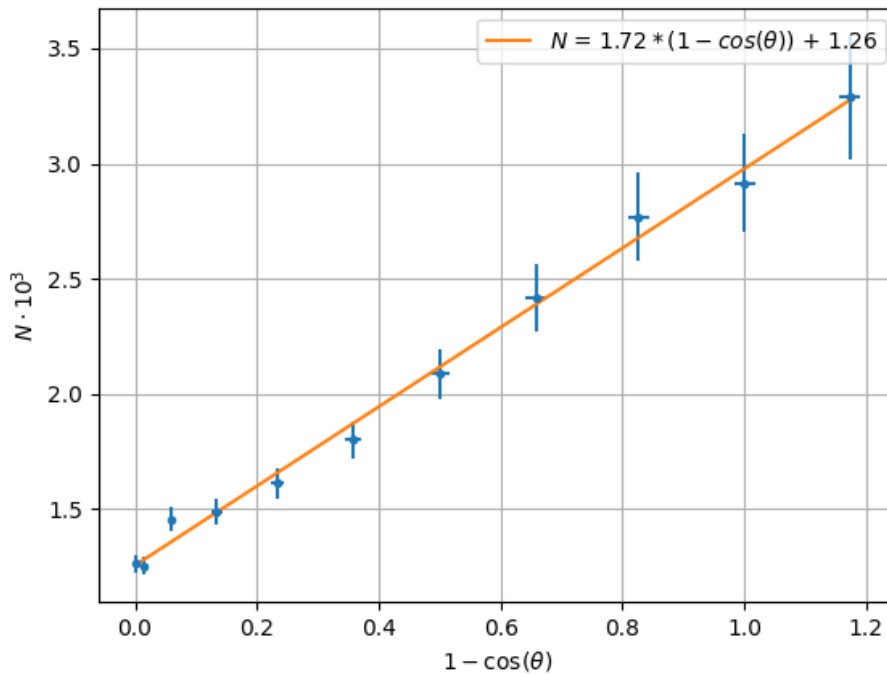
$$\sigma_{1-\cos \theta} = \sin \theta \cdot \sigma_\theta, \quad \sigma_{1/N} = 1/N^2 \cdot \sigma_N.$$

Результаты вычислений представлены в Таблице 2:

$1 - \cos \theta$	$\sigma_{1-\cos \theta}$	$1/N \cdot 10^3$	$\sigma_{1/N}$
0.000	0.000	1.263	0.040
0.015	0.003	1.253	0.039
0.060	0.006	1.456	0.053
0.134	0.009	1.490	0.056
0.234	0.011	1.613	0.065
0.357	0.013	1.802	0.081
0.500	0.015	2.088	0.109
0.658	0.016	2.415	0.146
0.826	0.017	2.770	0.192
1.000	0.017	2.915	0.212
1.174	0.017	3.289	0.271

Таблица 2. Обработанные данные.

Изобразим экспериментальные результаты (табл. 2) в виде графика (рис. ??). Согласно теории, экспериментальные точки должны лежать на одной прямой, что, как видно, выполняется с хорошей точностью. Пересечение этой прямой с осью ординат определяет наилучшее значение  $N(0)$ , а пересечение линии  $1 - \cos \theta = 1$  позволяет найти наилучшее значение  $N(90)$ .



### Закключение:

В лабораторной работе нами была проведена проверка соотношения Комптона. Экспериментально установлено, что  $\gamma$ -кванты действительно испытывают упругое рассеяние на свободных частицах.

Обратим наше внимание на то, что с увеличением угла  $\theta$  погрешность измерения номера канала  $\sigma_N$  увеличивается, что связано со смещением фотопика в сторону сплошного распределения, обязанного комptonовскому рассеянию. При  $\theta = 110^\circ$  уже было невозможно увидеть пик полного поглощения.

На основании таблицы 2 можно определить энергию покоя частиц, на которых происходит комптоновское рассеивание. Путем несложных преобразований получаем:

$$mc^2 = E(0) \frac{N(90)}{N(0) - N(90)},$$

где  $E(0)$  – энергия  $\gamma$ -лучей, испускаемых источником (в нашем случае  $^{137}\text{Cs}$ ), то есть 662 кэВ. Имеем:

$$mc^2 = 481 \pm 20 \text{ кэВ}.$$

Видно, что результат на 6% меньше 511 кэВ – энергии покоя электрона.