

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

1.2 Эффект Комптона

выполнила студентка Б01-907 группы

Юлия Прохорова

Содержание

1. Цель работы	2
2. Оборудование	2
3. Теория	2
4. Экспериментальная установка	2
5. Ход работы	2
6. Вывод	4

1. Цель работы

- С помощью сцинтилляционного спектрометра исследовать энергетический спектр γ -квантов, рассеянных на графите
- Определять энергию рассеянных γ -квантов в зависимости от угла рассеяния
- Определить энергию покоя частиц, на которых происходит комптоновское рассеяние

2. Оборудование

ЭВМ, ФЭУ, сцинтилляционный счетчик, графитовая мишень, источник излучения.

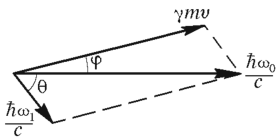
3. Теория

Эффект Комптона - увеличение длины волны рассеянного излучения по сравнению с падающим - интерпретируется как результат упругого соударения двух частиц: γ -кванта (фотона) и свободного электрона.

Рассмотрим элементарный пример:

Пусть на покоящийся электрон $E = mc^2$ налетает γ -квант с энергией $\hbar\omega_0$ и импульсом $\hbar\omega_0/c$. После соударения электрон будет иметь энергию γmc^2 и импульс γmv соответственно

Запишем законы сохранения энергии и импульса:



$$\begin{aligned} mc^2 + \hbar\omega_0 &= \gamma mc^2 + \hbar\omega_1 \\ \frac{\hbar\omega_0}{c} &= \gamma mv \cos \phi + \frac{\hbar\omega_1}{c} \cos \theta \\ \gamma mv \sin \phi &= \frac{\hbar\omega_0}{c} \sin \theta \end{aligned}$$

Рис. 1: Форма спектра β -частиц при разрешенных переходах

Перейдем от частот к длинам волн и получим изменение длины рассеянного света:

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_0 = \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta)$$

$$\lambda_k = \frac{h}{mc} = 2.42 \cdot 10^{-10} \text{ (см)} - \text{комптоновская длина волны электрона}$$

Перейдем от длин волн к энергии:

$$\frac{1}{\epsilon(\theta)} - \frac{1}{\epsilon_0} = 1 - \cos \theta$$

Здесь $\epsilon_0 = E_0/(mc^2)$ - выраженная в единицах mc^2 энергия γ -квантов, падающих на рассеиватель, $\epsilon(\theta)$ - энергия квантов, испытавших комптоновское рассеяние на угол θ .

4. Экспериментальная установка

Блок-схема установки изображена на рис.2. Источником излучения 1 служит ^{137}Cs , испускающий γ -лучи с энергией 662 кэВ. Он помещен в толстостенный контейнер с коллиматором. Сформированный коллиматором узкий пучок квантов подает на графитовую мишень 2.

Кванты, испытавшие комптоновское рассеяние, регистрируются сцинтилляционным счетчиком. Он состоит из ФЭУ и сцинтиллятора. Сигналы, возникающие на аноде ФЭУ подаются на ЭВМ.

5. Ход работы

- 1) Включим установку. Запустим программу и зайдем в режим измерения спектра.
- 2) Устанавливая счетчик под разными углами от 0 до 120° снимем спектры и занесем результат в таблицу ??

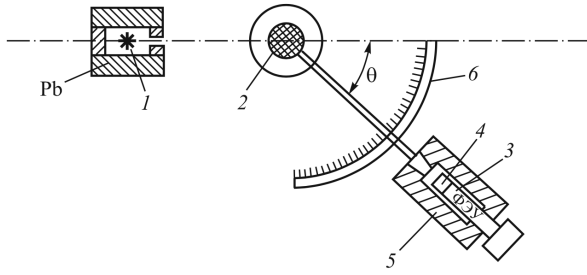


Рис. 2: Блок-схема установки

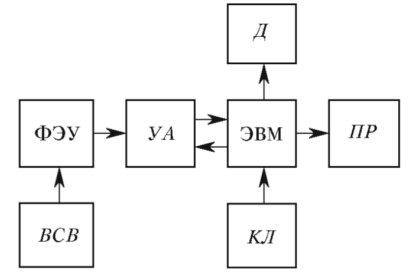


Рис. 3: Блок-схема измерительного комплекса

Таблица 1: Номер канала от угла наблюдения

Угол $\theta, ^\circ$	0	10	20	30	40	50	60
N канала	774 ± 1	735 ± 1	649 ± 4	603 ± 2	529 ± 3	470 ± 3	433 ± 5
Угол $\theta, ^\circ$	70	80	90	100	110	120	
N канала	381 ± 2	343 ± 2	310 ± 3	275 ± 2	252 ± 3	234 ± 3	

3) Построим зависимость $1/N = f(1 - \cos \theta)$:

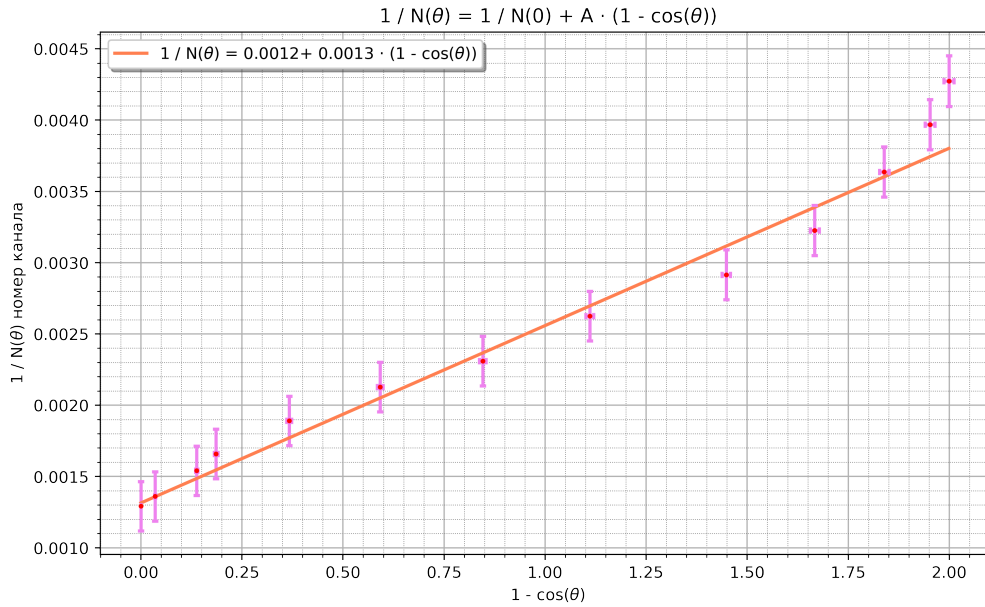


Рис. 4: График зависимости $1/N = f(1 - \cos \theta)$

Согласно формуле, точки ложатся на одну прямую. Пересечение этой прямой с осью ординат определяет наилучшее значение $N_{\text{наил}}(0)$. А пересечение линии с прямой $\cos \theta = 0$ позволяет найти наилучшее значение $N_{\text{наил}}(90)$.

Вернемся от переменной ϵ к энергии E , получим, что при $\theta = 90^\circ$ и формула $\frac{1}{\epsilon(\theta)} - \frac{1}{\epsilon_0} = 1 - \cos \theta$ примет вид:

$$mc^2 \left(\frac{1}{E(90)} - \frac{1}{E(0)} \right) = 1$$

Или

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

В этой формуле $E(0) = E_\gamma = 662\text{кэВ}$ - энергия электронов, рассеянных вперед. Номер канала, соответствующий фотопику, пропорционален энергии кванта. Значения N возьмем из графика, чтобы снизить случайную погрешность, полученную во время эксперимента (колебания напряжения сильно влияют на величину коэффициента усиления ФЭУ и эл. схем)

Итак, согласно графику:

$$N(90) = a + b = 391 \pm 16, \quad \sigma N(90) = \sqrt{\frac{\sigma_a^2}{a} + \frac{\sigma_b^2}{b}} N(90)$$

$$N(0) = \frac{1}{b} = 791 \pm 12, \quad \sigma N(0) = \frac{\sigma_b}{b} N(0)$$

$$a = (1,2 \pm 0,4)10^{-3}, \quad b = (1,3 \pm 0,2)10^{-3}$$

Согласно выше выведенной формуле:

$$mc^2 = 699 \pm 28\text{кэВ},$$

где

$$\sigma_{mc^2} = \sqrt{\frac{\sigma_a^2}{a} + \frac{\sigma_b^2}{b}} mc^2$$

6. Вывод

В ходе работы с помощью сцинтилляционного счетчика был измерен энергетический спектр γ -квантов, рассеянных на графите. Проверен эффект Комптона, получена экспериментальная зависимость энергии рассеяния от угла наблюдения. Графическим способом получено значение энергии покоя электрона.