

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

mipt_rus_text.png

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

1.2 Эффект Комптона

выполнил студент Б04-852 группы ФЭФМ

Яромир Водзяновский

Содержание

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

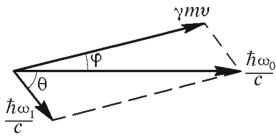
3 Теория

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.???. 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.

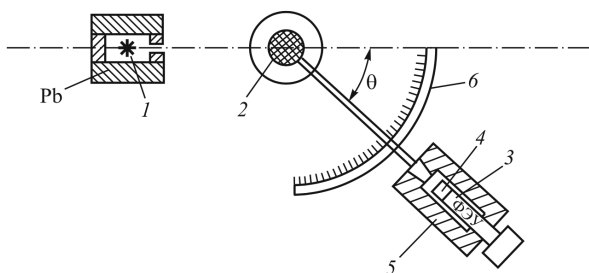


Рис. 2: Блок схема установки

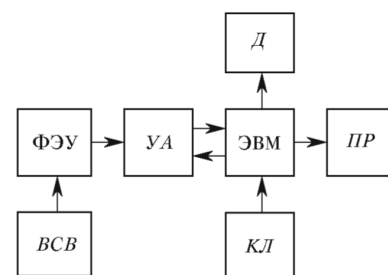


Рис. 3: Блок-схема измерительного комплекса

5 Ход работы

1. Включим установку. Устанавливая счетчик под разными углами от 0 до 120° снимем спектры и занесем результат в таблицу ??

Таблица 1: Номер канала от угла наблюдения

Угол $\theta, ^\circ$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
N канала	860	891	839	777	676	608	531	489	443	404	350	332	317

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

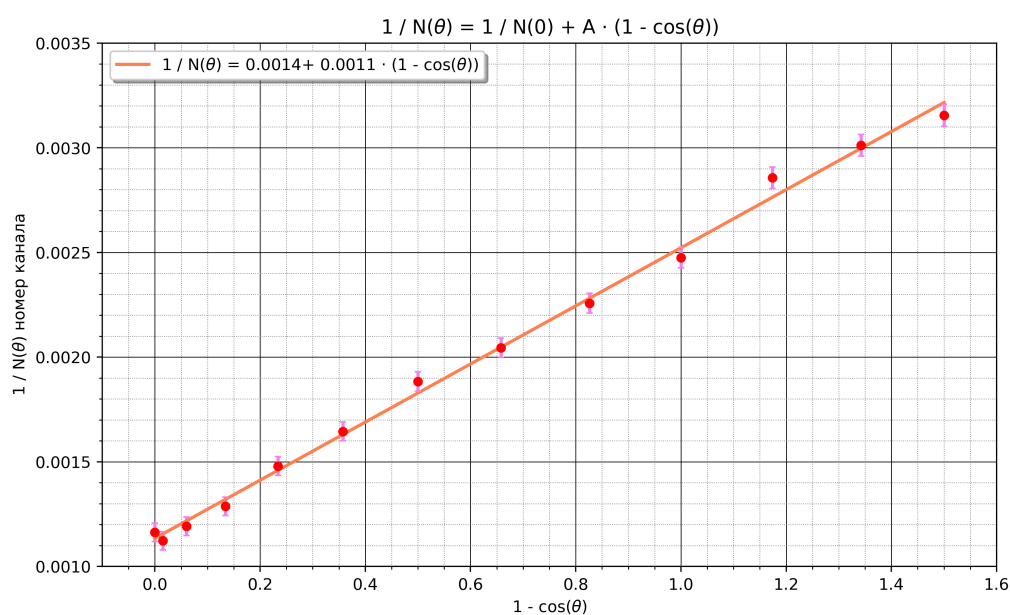


Рис. 4: График зависимости $1/N = f(1 - \cos \theta)$

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:

$$N(90) = 396.46 \pm 2\% \quad N(0) = 881.69 \pm 3.9\%$$

Согласно выше выведенной формуле:

$$mc^2 = 540.9 \text{кэВ} \pm 4.34\%$$

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.