

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.1.2

Исследование эффекта Комптона

Автор работы: Хоружий Кирилл

От: 17 ноября 2021 г.

Цель работы

1. Исследование энергетического спектра γ -квантов, рассеянных на графите, с помощью сцинтилляционного спектрометра;
2. Определение энергии рассеянных γ -квантов в зависимости от угла рассеяния;
3. Определение энергии покоя частиц, на которых происходит комптоновское рассеяние.

Оборудование

Источник излучения, графитовый стержень, сцинтилляционный счётчик, ФЭУ, ЭВМ.

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 аноде ФЭУ, подаются на ЭВМ для амплитудного анализа. Кристалл и ФЭУ расположены в светонепроницаемом блоке, укрепленном на горизонтальной штанге.

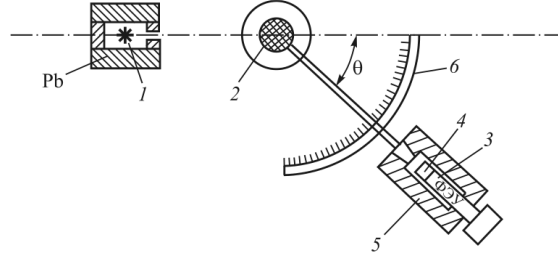


Рис. 1: Блок схема устаноки по рассеянию γ -квантов

Штанга вместе с этим блоком может вращаться относительно мишени, угол поворота θ отсчитывается по лимбу 6. Погрешность измерения угла поворота оценим в 2° , и выберем сдвиг на постоянный угол, как независимый параметр.

Теория

Смещение длины волны при рассеянии (эффект Комптона):

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

Считая, что $\varepsilon(\theta) = \frac{E_\gamma}{mc^2} = AN$ – энергия рассеянных γ -квантов линейно зависит от номера соответствующего канала, найдём, что

$$\frac{1}{N(\theta)} - \frac{1}{N(0)} = A(1 - \cos \theta), \quad mc^2 = E_\gamma(0) \frac{N_{90}}{N_0 - N_{90}}, \quad (2)$$

где N_i – номер канала, соответствующего максимуму при угле в i° , и $E_\gamma(0) = E_0$ – энергия испускаемых источником γ -квантов: $E_\gamma(0) = E_0 = 662$ кэВ.

Таблица 1: Зависимость номера канала N от угла рассеяния θ

N	857	795	747	648	578	507	459	414	376	345	318	296
θ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120

Измерения

При различных углах рассеяния θ , измерим спектр детектируемых на сцинтилляционном счётчике, а именно, найдём на каком канале N счётчика наблюдается максимум (см. таблицу 1). По измеренным данным, построим зависимость $1/N = f(1 - \cos \theta)$ (см. рис. 2).

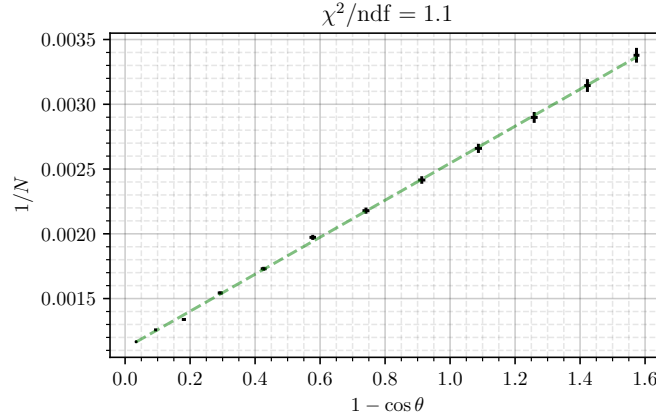


Рис. 2: Зависимость $1/N = f(1 - \cos \theta)$

Найдём коэффициенты линейной зависимости $f(x) = ax + b$, как $1/N = f(1 - \cos \theta)$ (см. рис. 2). Далее, найдём погрешность значений N_0 и N_{90} , исходя из

$$N_0 = f(0) = b, \quad \sigma[N_0] = \sigma[b], \quad N_{90} = f(1), \quad \sigma[N_{90}] = \sqrt{\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot \text{Cov} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}},$$

откуда находим

$$N_0 = 896 \pm 7 \quad N_{90} = 393 \pm 1.$$

Подставляя в формулу (2), находим

$$mc^2 = E \frac{N_{90}}{N_0 - N_{90}} = (517 \pm 10) \text{ кэВ}, \quad (mc^2)_{\text{табл}} = 512 \text{ кэВ},$$

где, как видим, полученное значение в пределах погрешности совпадает с табличным значением для энергии покоя электронов.

Вывод

Исследован эффект Комптона по спектру излучения γ -квантов на графите. Определена энергия покоя частиц, на которых происходит комптоновское рассеяние:

$$mc^2 = E \frac{N_{90}}{N_0 - N_{90}} = (517 \pm 10) \text{ кэВ}, \quad (mc^2)_{\text{электронов}}^{\text{табл}} = 512 \text{ кэВ},$$

значение энергии в пределах погрешности совпало со значением энергии покоя электронов.