

Лабораторная работа

Эффект Комптона

Теоретические сведения

Рассеяние γ -лучей в веществе относится к числу явлений, в которых особенно легко наблюдать двойственную природу излучения. Появление дополнительной длинноволновой компоненты при рассеянии γ -лучей объясняется, если считать, что γ -излучение представляет собой поток фотонов, имеющих энергию $\hbar\omega$ и импульс $p = \hbar\omega/c$. Эффект Комптона --- увеличение длины волны рассеянного излучения по сравнению с падающим --- интерпретируется как результат упругого соударения двух частиц: γ -кванта и свободного электрона.

Пусть электрон до соударения покоился (его энергия равна энергии покоя равна mc^2), а γ -квант имел начальную энергию $\hbar\omega_0$. После соударения электрон приобретает энергию γmc^2 , где $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$, $\beta = v/c$, а γ -квант рассеивается на некоторый угол θ по отношению к первоначальному направлению движения. Энергия рассеянного излучения --- $\hbar\omega_1$. Запишем з.с.и. и з.с.э:

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

Решая эти уравнения совместно и переходя от частот к длинам волн, получаем:

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

Основной целью работы является проверка соотношения выше. Преобразуем эту формулу к энергии γ -квантов:

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

Экспериментальная установка

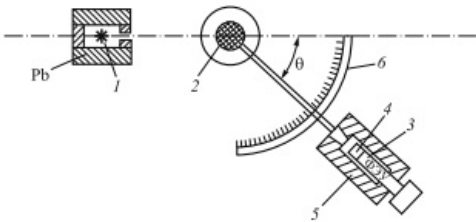


Рис.3. Блок-схема установки по изучению рассеяния γ -квантов

Ход работы

1. Включили и настроили установку, проверили ее работоспособность
2. Устанавливая сцинтилляционный счетчик под разными углами, снимаем амплитудные спектры и определяем положение фотопиков, записываем данные в таблицу.

In [1]:

```
theta = [0,10,20,30,40,50,60,70,80,90,100,110,120]
channel = [689,673,593,574,532,441,398,354,311,267,232,220,201]
```

3. Строим график зависимости $1/N(\theta)$ от $1 - \cos(\theta)$, по нему определяем энергию покоя частицы, на которой происходит комптоновское рассеяние первичных γ -квантов.

In [2]:

```
import numpy as np
import pandas as pd
from matplotlib import pyplot as plt
```

In [3]:

```
theta = np.array(theta)
channel = np.array(channel)
x = [1 - np.cos(i/180*np.pi) for i in theta]
y = [1/i for i in channel]
```

In [22]:

```
a, b = np.polyfit(x,y,1)
```

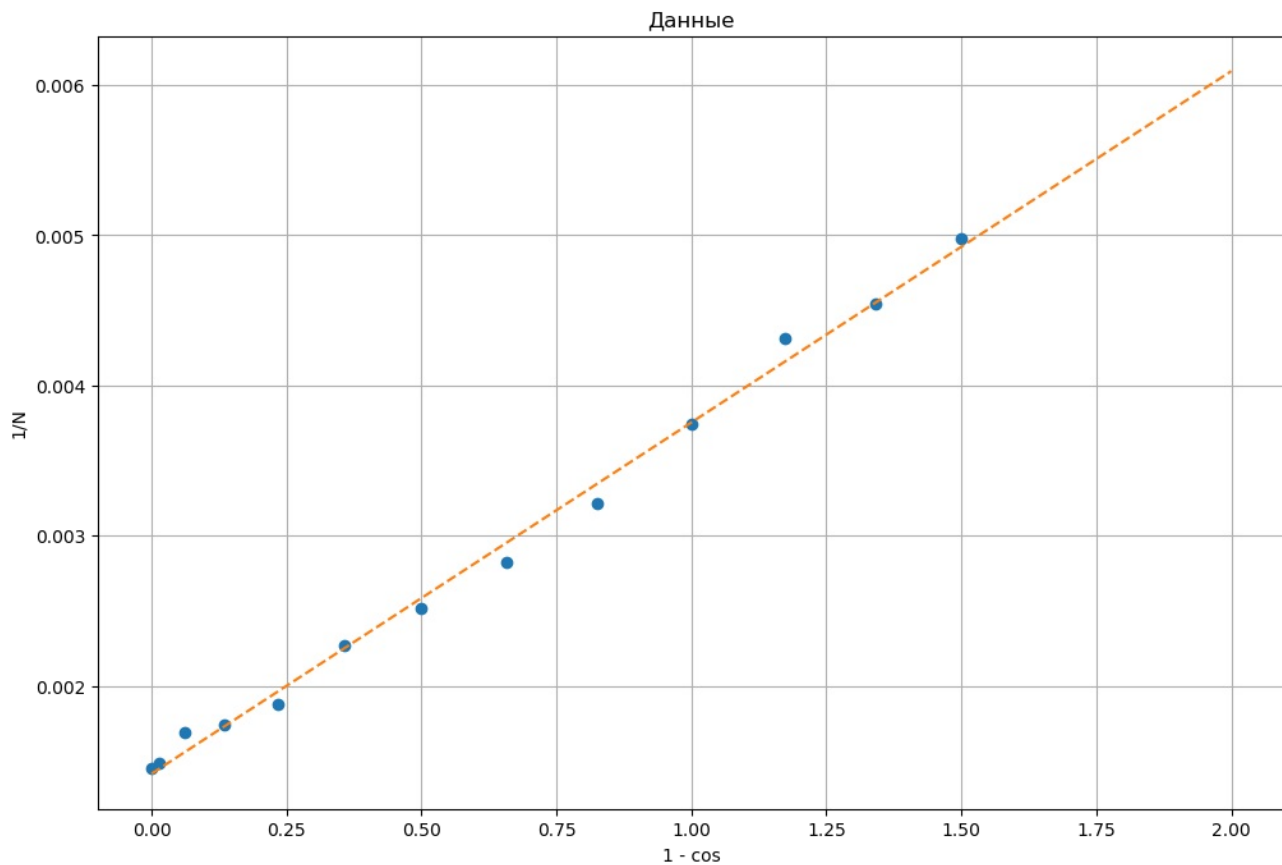
In [19]:

```
s = 0
for i in range(len(y)):
    s+= (y[i] - (a*x[i] - b))**2
s = (s/len(y))**0.5
err = s/y[-1]
```

0.016871451344690137

In [16]:

```
fig = plt.figure(figsize= (12, 8), dpi= 100)
ax1 = fig.add_subplot()
ax1.plot(x, y, 'o', label= "Всѣ")
ax1.grid(True)
ap = [i for i in range(0, 3, 1)]
p = [a*i + b for i in ap]
ax1.plot(ap, p, "--", label= "Аппроксимация")
plt.xlabel("1 - cos")
plt.ylabel("1/N")
plt.title("Данные")
plt.show()
```



$$E_r = E_\gamma \frac{N(90)}{N(0) - N(90)}$$

In [23]:

```
N0 = 1/b
N90 = 1/(a + b)
Eg = 0.662
E = Eg * N90/(N0 - N90)
```

In [28]:

```
print("Энергия покоя электрона:", round(E,3), "+-", round(E*err,3), "MeV")
```

Энергия покоя электрона: 0.401 +- 0.007 MeV

Вывод

Исследовали энергетический спектр γ -квантов, рассеянных на графите. Определили энергию покоя частиц, на которых происходит комптоновское рассеяние