

Лабораторная работа 5.1
Измерение коэффициента ослабления потока γ -лучей
в веществе и определение их энергии

Кагарманов Радмир Б01-102

20 ноября 2023 г.

В работе измеряются: коэффициенты ослабления потока γ -лучей в свинце, железе и алюминии; по их величине определяется энергия γ -квантов.

Теория

Проходя через вещество, пучок γ -квантов постепенно ослабляется. Это ослабление происходит по экспоненциальному закону, который может быть записан в двух эквивалентных формах:

$$I = I_0 e^{-\mu l} \quad (1)$$

$$I = I_0 e^{-\mu' m_1} \quad (2)$$

В этих формулах I , I_0 - интенсивности прошедшего и падающего излучений, l - длина пути, пройденного пучком γ -лучей, m_1 - масса пройденного вещества, приходящаяся на единицу площади, μ и μ' - константы, величина которых зависит от вещества, сквозь которое проходят γ -лучи.

Ослабление потока γ -лучей связано с тремя эффектами: фотоэлектрическим поглощением, комптоновским рассеиванием и с генерацией электрон-позитронных пар.

Вероятность фотоэлектрического поглощения dP_{Φ} пропорциональна длине пути dl и плотности электронов в среде:

$$dP_{\Phi} = \sigma_{\Phi} n_1 dl, \quad (3)$$

где n_1 - плотность внутренних электронов, а σ_{Φ} - поперечное сечение фотоэлектрического поглощения.

Роль эффекта Комптона становится существенной, когда энергия квантов становится много больше энергии связи электронов в атоме.

При энергиях γ -лучей, превышающих 1,02 МэВ, становится возможен процесс образования электрон-позитронных пар. Для свинца вероятность рождения пар сравнивается с вероятностью комптоновского эффекта только при энергии около 4,7 МэВ.

Полный коэффициент μ равен сумме трёх коэффициентов для рассмотренных процессов.

Экспериментальная установка

На Рис. 1 изображена экспериментальная установка. В работе использовались: свинцовый контейнер с источником γ -излучения, набор поглотителей, сцинтилляционный счётчик, высоковольтный выпрямитель.

Ход выполнения работы и обработка результатов:

1. Мы измерили фон. Закрыли источник излучения свинцовой пробкой и посмотрели, какое число покажет счётчик за 10 мин. $N = 13878$. Дальше из всех измерений будет вычитаться фон.

2. Убрав свинцовую пробку, добавляем цилиндры, которые сделаны из поглотителей, и записываем показания счётчика. На Рис. 2, Рис. 3, Рис. 4 изображены графики измерений для алюминия, свинца и железа.

Эксперименты хорошо ложатся на прямые, что сходится с формулой (1), если взять от левой и правой части логарифм. Угол наклона является коэффициентом поглощения $\mu = \frac{1}{l} \ln \frac{N_0}{N}$.

$$\mu_{al} = (0.2047 \pm 0.0020) \text{ см}^{-1} \quad (4)$$

$$\mu_{pb} = (1.083 \pm 0.0162) \text{ см}^{-1} \quad (5)$$

$$\mu_{fe} = (0.548 \pm 0.007) \text{ см}^{-1} \quad (6)$$

3. С помощью найденных коэффициентов поглощения можно найти среднюю энергию γ -лучей, испускаемых источником. На Рис. 5 изображена зависимость коэффициента поглощения от энергии. Из графика для коэффициента поглощения алюминия мы получаем, что энергия излучения равна 0,6 МэВ, для железа - 0,8 МэВ, коэффициент поглощения свинца не попадает на этот график. Среднее значение: 0,7 МэВ.

4. Также мы измерили дозу излучения вблизи установки с помощью дозиметра. Мы положили дозиметр за тремя свинцовыми дисками, и он показал значение в 20 раз больше, чем человек получает обычно.

Вывод: в данной лабораторной работе мы измерили коэффициенты поглощения для алюминия, железа и свинца. По ним нашли среднюю энергию излучения. И измерили излучение с помощью дозиметра.

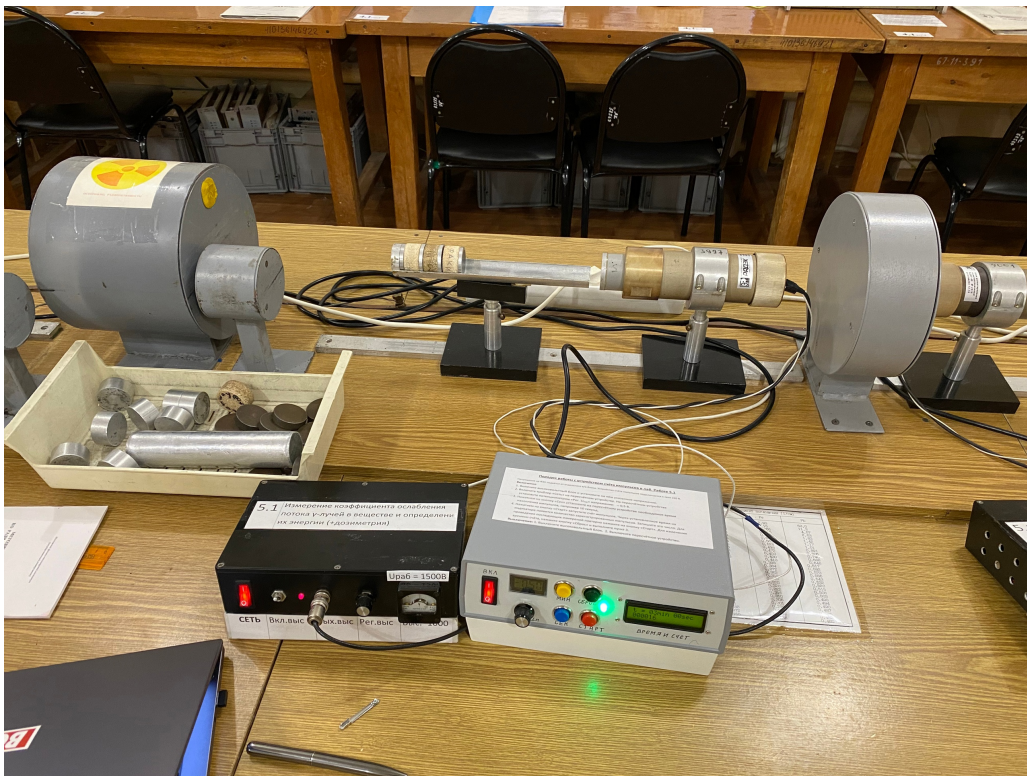


Рис. 1: Экспериментальная установка

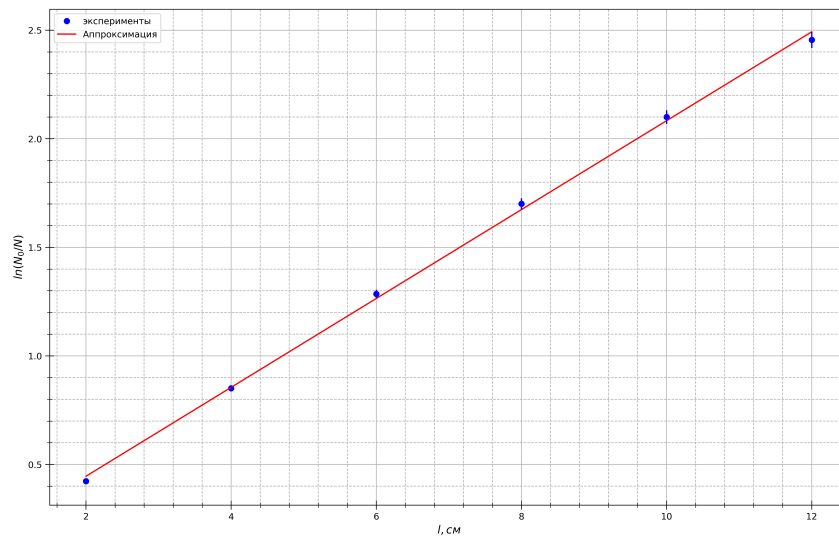


Рис. 2: График для алюминия

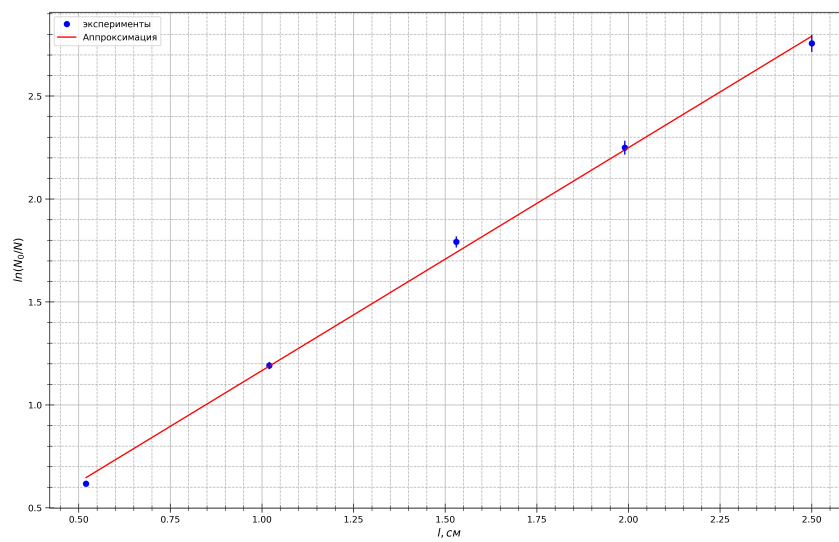


Рис. 3: График для свинца

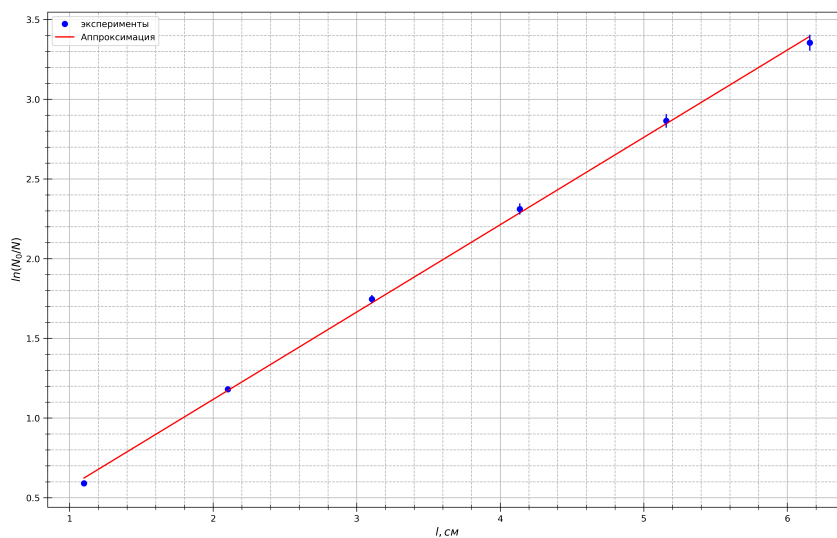


Рис. 4: График для железа

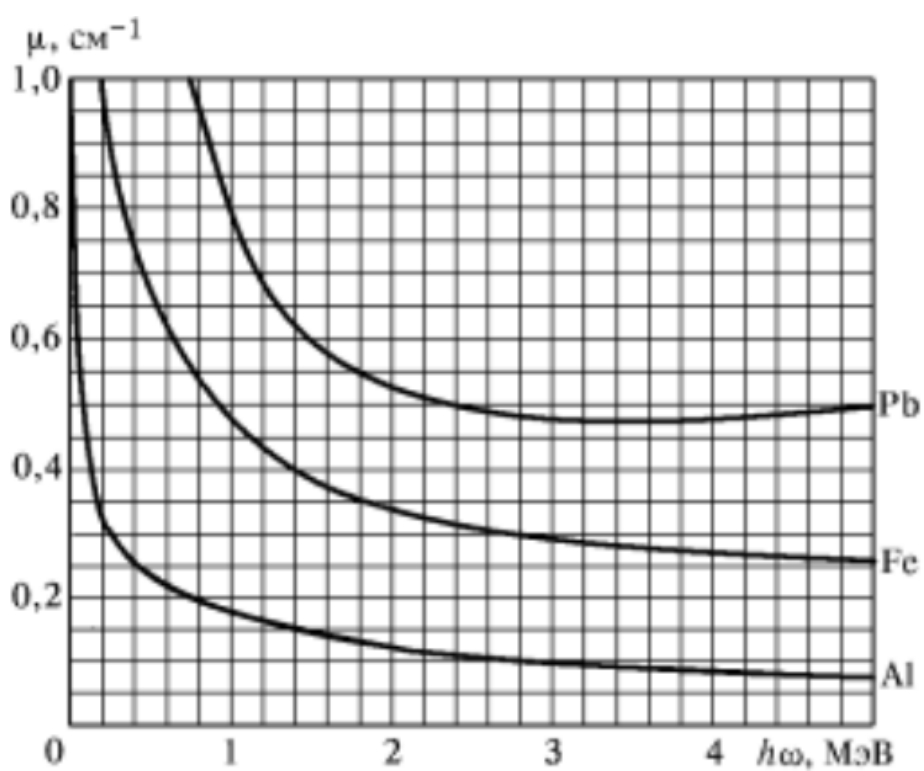


Рис. 5: Зависимость коэффициента поглощения от энергии излучения