

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №115

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ
ГАММА-ЛУЧЕЙ В ВЕЩЕСТВЕ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №115

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ
ГАММА-ЛУЧЕЙ В ВЕЩЕСТВЕ

Цель работы – экспериментально проверить закономерности ослабления гамма-лучей в веществе, определить линейный коэффициент ослабления гамма-лучей в свинце.

Приборы и принадлежности: радиометр, источник гамма-излучения, свинцовые экраны.

Общие положения

Гамма-излучением называется жёсткое электромагнитное излучение, энергия которого испускается при переходах ядер из возбужденных энергетических состояний в основное, а также при ядерных реакциях. Так как гамма-излучение обладает малой длиной волны (λ менее 1 пм), то оно имеет ярко выраженные корпускулярные свойства, то есть является потоком частиц – гамма-квантов. Как правило, гамма-излучение не является самостоятельным типом радиоактивности. Оно сопровождает α - и β -распады.

Гамма-излучение обладает большой проникающей способностью и способно проходить в воздухе сотни метров, а в твёрдых телах – сантиметры или даже дециметры, в зависимости от плотности вещества и от энергии гамма-квантов. При прохождении гамма-излучения через вещество происходит его ослабление за счёт взаимодействия с электронными оболочками атомов и молекул, а также за счёт взаимодействия с ядрами.

Изменение интенсивности подчиняется закону

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

где I_0 – интенсивность гамма-излучения, падающего на поверхность вещества;

I – интенсивность гамма-излучения, после прохождения вещества;

μ – коэффициент линейного ослабления гамма-лучей в веществе, зависящий от природы вещества и спектрального состава потока излучения;

x – толщина поглощающего слоя.

Из уравнения (1) вытекает физический смысл коэффициента линейного ослабления: это величина, обратная толщине слоя вещества, при прохождении которого интенсивность гамма-излучения уменьшается в e раз (e – основание натуральных логарифмов).

Прологарифмируем уравнение (1), получим:

$$\ln I = \ln I_0 - \mu x. \quad (2)$$

Из уравнения (2) следует, что натуральный логарифм интенсивности излучения после прохождения вещества будет изменяться по линейному закону.

Для регистрации гамма-лучей применяется счётчик Гейгера, схема устройства которого приведена на рис. 1. На выходе счётчика возникают им-

пульсы тока, каждый из которых с определенной вероятностью соответствует прохождению гамма-кванта через рабочий объем счётчика. Количество импульсов, зарегистрированных счётчиком за время t пропорционально интенсивности потока гамма-излучения:

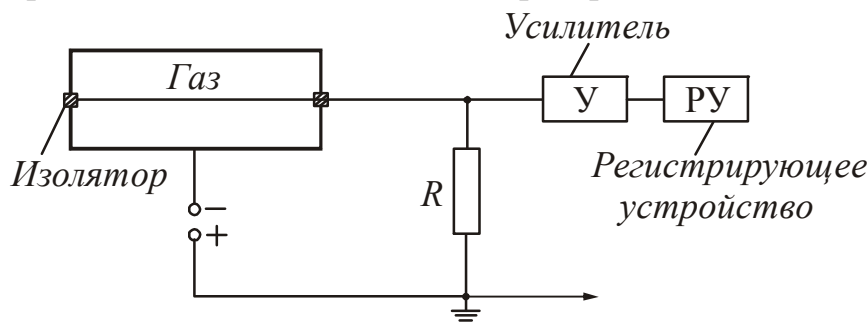


Рисунок 1

где k – коэффициент пропорциональности,

$$N = kIt, \quad (3)$$

где k – коэффициент пропорциональности,

который определяется параметрами счётчика (его типом, размерами, чувствительностью и т.п.) и энергией гамма-квантов. Это позволяет записать уравнение (2) в следующем виде:

$$\ln N = \ln N_0 - \mu x. \quad (4)$$

где N_0 – количество импульсов, зарегистрированных счётчиком за произвольное время t без поглощающих пластин.

N – количество импульсов, зарегистрированных счётчиком за то же время t после прохождения излучением поглощающих пластин.

При проведении измерений следует учитывать величину фонового гамма-излучения N_ϕ , которое обусловлено существованием других источников гамма-лучей природного, техногенного и космического происхождения.

С учётом фона уравнение (4) можно записать в виде

$$\ln(N - N_\phi) = \ln(N_0 - N_\phi) - \mu x \quad (5)$$

Для определения линейного коэффициента ослабления строится график зависимости $\ln(N - N_\phi) = f(x)$, на котором по оси абсцисс откладывается толщина поглощающего слоя вещества x , а по оси ординат – логарифм соответствующего количества импульсов $\ln(N - N_\phi)$. По экспериментально полученным точкам проводится усредняющая прямая, тангенс угла наклона которой дает искомый коэффициент ослабления:

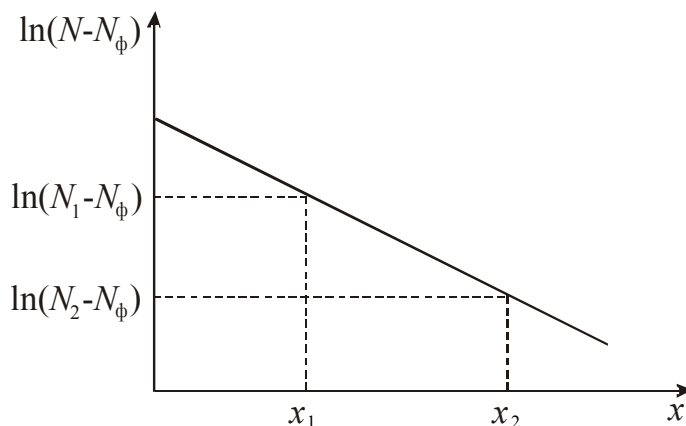


Рисунок 2

где x_1 и x_2 – толщины произвольно выбранных пластинок, N_1 и N_2 – соответствующие количества импульсов (рис. 2).

$$\mu = \frac{\ln(N_1 - N_\phi) - \ln(N_2 - N_\phi)}{x_2 - x_1}, \quad (6)$$

где x_1 и x_2 – толщины произвольно выбранных пластинок, N_1 и N_2 – соответствующие количества импульсов (рис. 2).

Слой, толщина $x_{1/2}$ которого такова, что интенсивность гамма-излучения, прошедшего через него, уменьшается вдвое, называется *слоем половинного ослабления*. Зная линейный коэффициент ослабления гамма-лучей, можно определить толщину слоя половинного ослабления гамма-излучения:

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (7)$$

Ослабление гамма-лучей в веществе лежит в основе работы устройств защиты человека от ионизирующих излучений (АЭС, рентген кабинеты), различных гамма-реле, гамма-датчиков и т.п.

Описание экспериментальной установки

Измерительная установка состоит из радиометра типа Б-2, источника гамма-излучения и набора свинцовых пластин. Радиометр позволяет регистрировать гамма-излучение и выдаёт результат в виде зарегистрированных за произвольное время импульсов, количество которых пропорционально интенсивности потока гамма-лучей. Его основные блоки:

1. Блок типа ВСП, включающий в себя высоковольтный выпрямитель для питания газовых счётчиков, пересчётное устройство и электромеханический счётчик.
2. Входной блок с держателем счётчика Гейгера.

Импульсы, возникающие в счётчике после усиления, подаются на пересчётное устройство, которое позволяет подавать на электромеханический счётчик не каждый импульс, а каждый 4-й, 16-й или 64-й. Это расширяет возможности прибора, ограниченные механической частью счётчика, которая при больших интенсивностях излучения может не успевать срабатывать и пропускать импульсы. Электромеханический счётчик фиксирует поступающие импульсы на двух циферблатах, считающих единицы и сотни. Прибор включают на нужный пересчёт с помощью переключателя кратности счёта. При пользовании пересчётом на $\times 4$, $\times 16$ или $\times 64$ электромеханический счётчик срабатывает только после регистрации пересчётным устройством соответственно 4-х, 16-ти или 64-х импульсов.

Каждый импульс, поступающий в пересчётный период, фиксируется загорающимися неоновыми лампочками. Если пересчётное устройство выключить раньше, чем очередной раз сработает электромеханический счётчик, то число незарегистрированных им импульсов можно определить, сложив цифры у лампочек, которые будут гореть после выключения счётчика. Поэтому каждый раз перед началом счёта необходимо с помощью кнопки «сброс» выключить весь ряд лампочек.

Между счётчиком Гейгера и размещенным в стальном цилиндре источником гамма-излучения устанавливаются пластины исследуемого материала, для которого определяется линейный коэффициент ослабления гамма-излучения.

Пример расчёта зарегистрированных импульсов.

Работа производится с пересчётом $\times 64$. За 3 минуты сняты следующие показания:

- а) на электромеханическом счётчике на шкале $\times 100 - 3$
на шкале $\times 1 - 15$
- б) неоновые лампочки горят у цифр 32, 8 и 2.

Рассчитаем общее число зарегистрированных импульсов:

$$N = (3 \cdot 100 + 15 \cdot 1) \cdot 64 + (32 + 8 + 2) = 20202 \text{ импульса}$$

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Какой график надо построить по результатам работы? Схематично нарисуйте ожидаемую зависимость.
4. Запишите формулу, по которой рассчитывается коэффициент линейного ослабления гамма-лучей в веществе. Поясните смысл обозначений.
5. Запишите формулу, по которой рассчитывается толщина слоя половинного ослабления гамма-излучения.

Выполнение работы**Задание 1. Измерение радиоактивного «фона»**

1. Перед включением прибора регулятор напряжения должен находиться в крайнем левом положении (повернут против часовой стрелки), а ручки переключателей – в положении «выкл». Включить радиометр в сеть и дать прибору прогреться в течение 2-3 мин.
2. Плавно и очень медленно поворачивая регулятор напряжения, довести напряжение до значения, указанного на данном счётчике. Так как показания вольметра несколько отстают от движения регулятора, следует выждать установления стрелки. В дальнейшем, в течение всей работы, следить за поддержанием постоянного напряжения на счётчике.
3. Переключатель кратности счёта установить в положение $\times 64$. Нажать кнопку «сброс». Установить на нуль шкалы электромеханического счётчика.
4. Измерить «фон» в следующей последовательности:
 - а) включить одновременно тумблер «пуск» и секундомер. Пересчётное устройство и электромеханический счётчик начнут регистрацию импульсов;
 - б) через 3 мин тумблер «пуск» выключить и записать в таблицу показания счётчика.
 - в) опыт повторить три раза. Перед каждым новым измерением нажимать кнопку «сброс» и устанавливать на нуль шкалы электромеханического счётчика.

Задание 2. Определение коэффициента ослабления гамма-лучей в свинце

1. Поместить источник излучения возле счётчика Гейгера, ориентируя излучение в сторону счётчика.
2. Три раза измерить число импульсов за 3 мин без поглощающего слоя.
3. Помещая на пути распространения гамма-лучей последовательно пластинки различной толщины, измерить трижды для каждого значения толщины число импульсов, регистрируемых за 3 мин.
4. После окончания эксперимента выключить установку в следующей последовательности:
 - а) уменьшить до нуля напряжение на счётчике поворотом ручки регулятора против часовой стрелки до упора;
 - б) нажать кнопку «замыкание высокого напряжения»;
 - в) выключить тумблер «сеть» и вынуть вилку сетевого шнура из розетки.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать количество зарегистрированных импульсов N (см. пример в тексте).

$$N = (100N_{100} + N_1)k + \sum N_{\text{л}} \quad (8)$$

где N_{100} – показание сотен электромеханического счётчика,

N_1 – показание единиц электромеханического счётчика,

$N_{\text{л}}$ – значения показаний возле светящихся неоновых лампочек.

k – коэффициент пересчёта.

2. Рассчитать среднее значение зарегистрированных импульсов для каждого случая. Найти разность $(N - N_{\text{ф}})$.
3. По средним значениям построить график зависимости $\ln(N - N_{\text{ф}}) = f(x)$.
4. Используя полученный график и формулу (6), рассчитать среднее значение линейного коэффициента ослабления гамма-лучей в свинце (см. рис. 1).
5. По формуле (7) определить толщину слоя половинного ослабления гамма-излучения $x_{1/2}$ для свинца.

2. Защита работы

1. Что представляют собой гамма-лучи и каково их происхождение?
2. По какому закону уменьшается интенсивность гамма-лучей в веществе?
3. Каков физический смысл линейного коэффициента ослабления гамма-лучей и от чего он зависит?
4. Что называют слоем половинного ослабления гамма-излучения?
5. Используя график зависимости коэффициента ослабления гамма-излучения в свинце от энергии квантов, определите примерное значение энергии гамма-кванта и рассчитайте его длину волны (график приведен в «Справочных материалах»).

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 115

Выполнил(а) _____

Группа _____

Задание 1. Измерение радиоактивного «фона»

№ п/п	t , мин	Коэффициент пересчёта	Показания электромех. счётчика		Показания неон. лампы (цифры)	Общее кол-во имп. N
			x100	x1		
1						
2						
3						

Задание 2. Определение коэффициента ослабления гамма-лучей в свинце

№ п/п	Толщина пластины, x , см	t , мин	Коэфф. пересчёта	Показания электромех. счётчика		Показания неон. лампы (цифры)	Общее кол-во имп. N	$(N - N_{\phi})$
				x100	x1			
1	Без пластины							
2	Без пластины							
3	Без пластины							
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Дата _____

Подпись преподавателя _____