

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 50

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

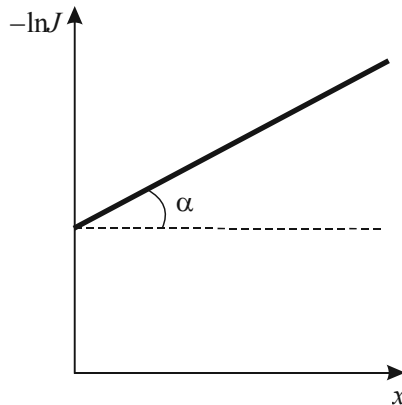
### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментально исследовать поглощение бета( $\beta$ )-излучения различными веществами и сравнить результаты эксперимента с предсказаниями теории, а также ознакомиться со стандартными приборами дозиметрического контроля бета-радиоактивности, используемыми в данной работе для регистрации бета-излучения.

### 2. ВВЕДЕНИЕ

Бета-частицами называются электроны с энергией в диапазоне от долей эВ до нескольких МэВ, испускаемые ядрами радиоактивных элементов в процессе их распада. Явление бета-распада ядер обусловлено самопроизвольным испусканием электрона и электрически нейтральной частицы – антинейтрино – ядром радиоактивного элемента, при котором один из нейтронов ядра превращается в протон. Вследствие малости массы электрона по сравнению с массой атомных ядер вещества во взаимодействии бета-частиц с ядрами доминируют процессы упругого рассеяния бета-частиц в кулоновском поле ядра, меняющие траекторию движения бета-частицы, но практически не меняющие ее кинетическую энергию. Во взаимодействии бета-частиц с электронами в атомах вещества, напротив, доминируют процессы, сопровождаемые передачей атомному электрону некоторой энергии бета-частицы. Таким образом, заряженная бета-частица, проходя через вещество, теряет свою кинетическую энергию вследствие электромагнитного взаимодействия с электронами в атомах вещества. При этом могут происходить как процессы ионизации атомов вещества, так и процессы возбуждения, в ходе которых электрон в атоме вещества-поглотителя переходит в возбужденное состояние. В обоих случаях

передача энергии поглотителю происходит за счет убыли кинетической энергии бета-частицы. Отсюда следует, что вещество тем сильнее поглощает бета-излучение, чем большее число актов взаимодействия с электронами испытывает бета-частица в процессе прохождения через вещество. Таким образом, поглощение бета-излучения тем сильнее, чем больше толщина  $x$  слоя вещества и чем больше концентрация электронов в веществе  $n$ .



*Рис. 1.* Зависимость интенсивности потока бета-частиц от толщины слоя вещества-поглотителя

Зависимость интенсивности бета-излучения  $J$  от  $x$  определяется соотношением

$$J(x) = J_0 \exp(-kx), \quad (1)$$

где  $J_0$  – интенсивность потока бета-излучения, падающего на вещество-поглотитель, а величина  $k$  называется коэффициентом поглощения бета-излучения. Построив график, изображенный на рис. 1, и найдя из этого графика коэффициент поглощения  $k$  для различных веществ, можно убедиться в том, что  $k \propto n$  в полном соответствии с вышеизложенным.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка, изображенная на рис. 2, состоит из источника бета-излучения, представляющего собой смесь изотопов стронция и иттрия  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  и испускающего бета-частицы с энергией порядка 1 МэВ, блока детектирования бета-излучения БДБ-2 и пересчетного устройства ПСО-5. Необходимо подчеркнуть, что используемый в лабораторной работе маломощный источник бета-излучения является стандартным образцом, применяемым для калибровки дозиметрических приборов и не представляющим опасности для здоровья людей.

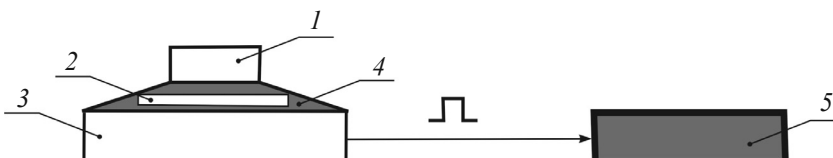


Рис. 2. Схема лабораторной установки:

1 – источник бета-излучения; 2 – слой поглощающего материала; 3 – блок регистрации бета-излучения БДБ-2; 4 – держатель источника излучения; 5 – пересчетное устройство ПСО-5

Основным элементом блока детектирования является газоразрядный счетчик, представляющий собой электронный газонаполненный прибор, в котором для детектирования бета-излучения используется газовый разряд, возникающий благодаря ионизации газа бета-частицами. Электрический импульс, возникший при появлении газового разряда, подается с блока детектирования на пересчетное устройство, которое суммирует число импульсов, поступивших от блока детектирования в течение заданного нами промежутка времени. Это суммарное число импульсов, считываемое с табло пересчетного устройства, и есть величина интенсивности бета-излучения  $J$  после прохождения слоя поглотителя.

### 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Ознакомиться с инструкцией по работе с пересчетным устройством ПСО-5, помещенной в конце данного сборника методических указаний.

2. Включить приборы БДБ-2 и ПСО-5 и прогреть их перед началом эксплуатации в течение 5–7 минут.

3. Поместить источник бета-излучения в держатель.

4. Используя в качестве вещества-поглотителя картон и помещая между источником бета-излучения и блоком детектирования различное число листов картона (толщина одного листа составляет примерно 140 мкм), получить зависимость  $J(x)$  для картона.

5. Построить график, изображенный на рис. 1, и найти по этому графику величину коэффициента поглощения  $k$  для картона.

6. Используя в качестве вещества-поглотителя алюминий и помещая между источником бета-излучения и блоком детектирования различное число листов алюминиевой фольги (толщина одного листа примерно 45 мкм), получить зависимость  $J(x)$  для алюминия.

7. Построить график, изображенный на рис. 1, и найти по этому графику величину коэффициента поглощения  $k$  для алюминия.

8. Сделать вывод о том, для какого из исследуемых материалов коэффициент поглощения больше и объяснить полученный результат.

9. Воспользовавшись определенными в ходе работы величинами коэффициентов поглощения для алюминия и картона, вычислить по формуле (1) толщину слоев этих материалов, ослабляющих бета-излучение в 10 и 100 раз.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляют собой бета-частицы?

2. Чем обусловлен процесс взаимодействия бета-излучения с веществом?

3. На чем основан принцип детектирования бета-излучения?

4. Какие приборы для регистрации элементарных частиц Вы знаете?

5. Как зависит величина коэффициента поглощения бета-излучения от плотности вещества и чем это обусловлено?

6. Как Вы думаете, какие из известных веществ предпочтительнее использовать в качестве защиты от бета-излучения? Почему?

## 6. ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимов. – М.; Академия, 2006. – § 258, 261, 263.

2. Савельев И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. – М.; Наука, 2007. – Т. 3. – § 70, 71, 75.

3. Широков Ю.М. Ядерная физика / Ю.М. Широков, Н.П. Юдин. – М.; Наука, 1972.

4. Ву Ц.С. Бета-распад / Ц.С. Ву, С.А. Мошковский. – М.; Наука, 1970.