

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**АЛЬФА-РАСПАД.
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ
С ВЕЩЕСТВОМ**

Учебное пособие для вузов

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета
2012

Оглавление

Альфа-распад. Взаимодействие альфа-излучения с веществом. Определение энергии альфа-частиц по величине их среднего пробега в воздухе.....	4
Цель работы.....	4
Метод определения кинетической энергии альфа-частиц.....	6
по их среднему пробегу в воздухе.....	6
Порядок выполнения работы.....	6
Статистический анализ данных результатов измерений.....	6
Порядок выполнения работы.....	7
Статистический анализ результатов измерений.....	9
Результаты.....	10
Контрольные вопросы.....	10
Литература.....	12
Приложение 1.....	13
Приложение 2.....	14
Приложение 3.....	19
Приложение 4.....	20
Приложение 5.....	22
Приложение 6.....	23
Приложение 7.....	26
Приложение 7.1.....	26
Приложение 7.2.....	27
Приложение 8.....	28
Приложение 8.1.....	28
Приложение 8.2.....	29
Приложение 8.3.....	30
Приложение 8.4.....	31
Приложение 8.5.....	32
Приложение 8.6.....	33
Приложение 8.7.....	34
Приложение 8.8.....	35
Приложение 8.9.....	36
Приложение 8.10.....	37
Приложение 8.11.....	38
Приложение 8.12.....	39

Метод определения кинетической энергии альфа-частиц по их среднему пробегу в воздухе

Зависимость числа α -частиц $n_{\Delta t}(x)$, зарегистрированных детектором в заданном интервале времени Δt в фиксированном телесном угле $\Omega(X)$, прошедших определенным слоем вещества от толщины этого слоя X , называют интегральной функцией ослабления $\varphi(x)$. Толщина слоя вещества, в котором α -частица теряет всю свою начальную энергию T_{α} , называют пробегом R α -частицы в данном веществе.

Для коллимированного пучка моноэнергетических α -частиц интегральная функция имеет вид, подобный зависимости на рис. 1. Если интегральную кривую $\varphi(x)$ продифференцировать по x , то получим дифференциальную кривую ослабления $f(x)$, рис. 1, по форме подобную функции (плотности) распределения (случайной величины) Гаусса

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}\right].$$

Это обусловлено тем, что пробег R в конкретном веществе для α -частиц с одинаковыми энергиями T_{α} является величиной случайной. Статистическое распределение пробегов можно представить распределением Гаусса (рис. 1). Из свойств этого распределения и общих методов статистического анализа случайных величин следует, что в качестве характеристики пробега α -частиц можно взять среднее значение пробега \bar{R} , и в качестве разброса пробегов относительно \bar{R} можно взять среднеквадратичное отклонение σ .

Значение \bar{R} можно оценить по графику функции ослабления $\varphi(x)$. Значение R , при котором $\varphi(R = \bar{R}) = 0,5 \cdot \varphi(R = 0)$, которое соответствует максимуму дифференциальной функции $f(x)$ и является оценкой \bar{R} (рис. 1). Значение \bar{R} однозначно связано с энергией α -частицы T_{α} известной эмпирической зависимостью $T_{\alpha} = 2,1464(\bar{R})^{2/3}$, где \bar{R} в см, а T_{α} в МэВ. Основываясь на этом выражении, можно оценить значение T_{α} и погрешность $S(T_{\alpha})$ (приложения 4, 6).

Порядок выполнения работы

Статистический анализ данных результатов измерений

Функциональная схема лабораторной установки изображена на рис. 2. Веществом поглотителя, в котором определяют пробег α -частиц, является

воздух. Толщина слоя воздуха, через который проходят α -частицы – это расстояние между детектором и источником α -излучения.

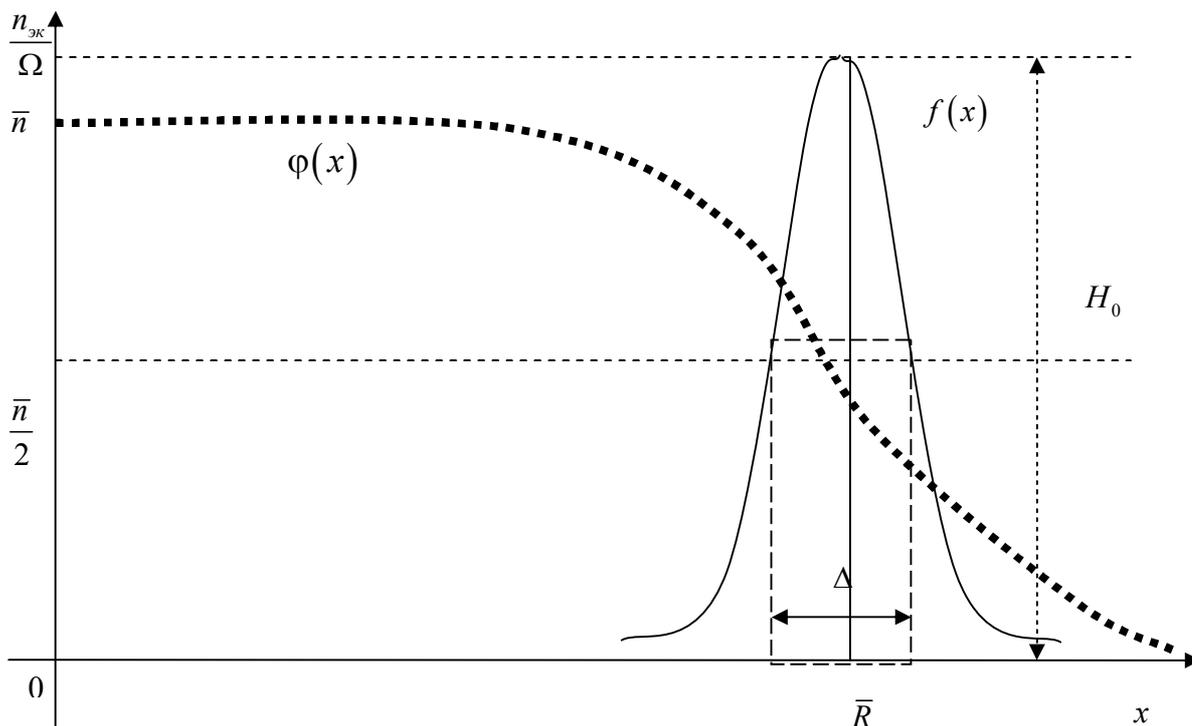


Рис. 1. Зависимость числа α -частиц от толщины слоя вещества

Это расстояние можно изменять, перемещая источник α -частиц с помощью микрометрического vernьерного устройства. В данной работе поток α -частиц не коллимирован. Поэтому при измерении расстояния между детектором и источником изменяется телесный угол $\Omega(x)$, в пределах которого α -частицы попадают в детектор (рис. 2). Это ведет к геометрическому фактору изменения потока α -частиц, поступающего на детектор, что существенно искажает вид интегральной и дифференциальной кривых ослабления. Для исключения влияния этого фактора необходимо числа α -частиц $n_{\Delta t}(x)$, регистрируемых детектором на расстоянии x , разделить на соответствующие значения телесного угла $\Omega(x)$. Полученное значение $n(x) = n_{\Delta t}(x)/\Omega(x)$ представляет собой поток α -частиц в единицу телесного угла, который зависит только от степени ослабления этого потока за счет потерь энергии α -частицами в воздухе.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть функциональную схему установки (рис. 2).
2. Проверить работоспособность установки. С этой целью переместить источник α -излучения в крайнее положение, при котором α -частицы не регистрируются: $n = 0$ за время измерения $\Delta t = 30$ с. Затем переместить ис-

точник к детектору на 20 мм и однократно измерить число частиц n за $\Delta t = 30$ с и сопоставить его с контрольным для данной установки.

3. Провести измерение числа α -частиц за время $\Delta t = 100$ с в зависимости от расстояния x между источником и детектором $n_{\Delta t}(x)$, меняя последовательно положение источника. Измерения рекомендуется выполнять с шагом $\Delta x = 1$ мм для расстояний $20 < x \leq 30$ мм и шагом $\Delta x = 0,5$ мм для $x > 30$ мм.

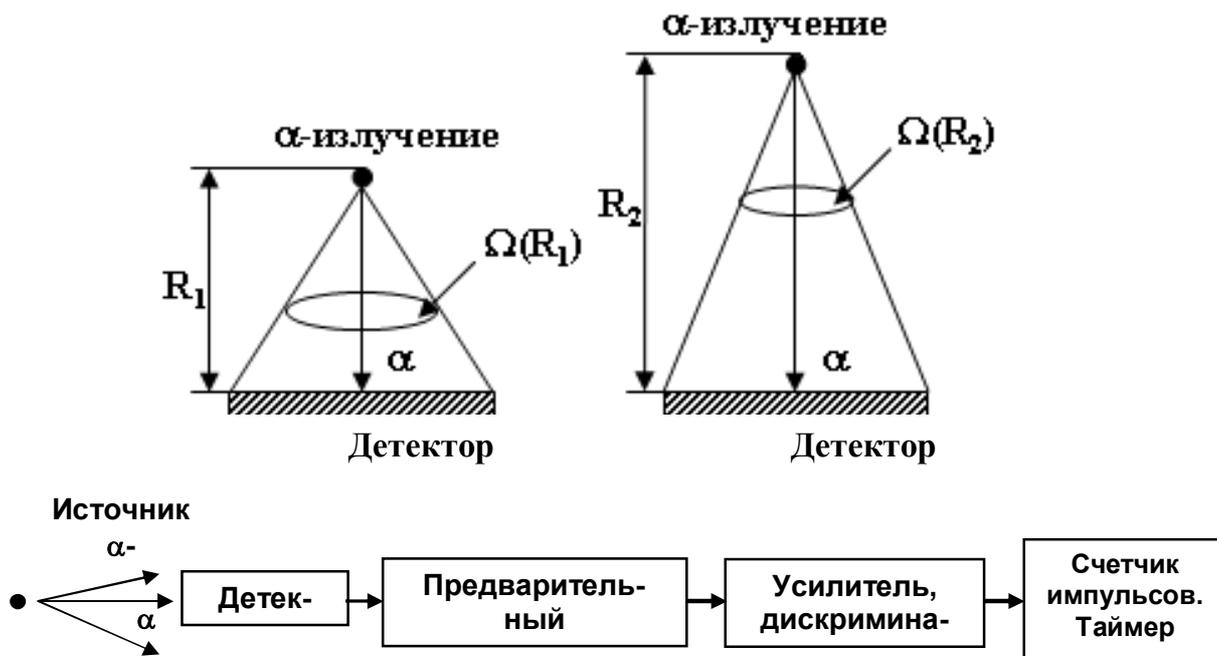


Рис. 2. Функциональная схема установки

Результаты измерений занести в таблицу, форма которой имеет следующий вид:

Таблица результатов измерений

№п/п	x_i мм	Количество зарегистрированных событий (частиц) $n_{\Delta t}(x)$	Значение телесного угла Ω_i	Число α -частиц, приведенных к единице телесного угла $n(x_i) = \frac{n_{\Delta t}(x)}{\Omega_i}$.
1				
2				
....				

В таблицу запишите рассчитанные значения $n(x_i)$ – числа α -частиц в единице телесного угла. Полученные значения $n(x_i)$ представьте в графической форме (рис. 1). Далее приступите к статистическому анализу данных.