

Лабораторная работа №5.4.1
Определение энергии α -частиц по величине их пробега в
воздухе

Рожков А. В.

18 ноября 2025 г.

Цель работы: измерить пробег α -частиц в воздухе тремя способами: с помощью торцевого счётчика Гейгера, сцинтилляционного счетчика и ионизационной камеры, - по полученным величинам определяется энергия частиц

В работе используются: счётчик Гейгера, сцинтилляционный счетчик, ионизационная камера.

1 Теоретические сведения

При α -распаде исходное родительское ядро испускает ядро гелия и превращается в дочернее ядро, число протонов и число нейтронов уменьшается на две единицы. Функциональная связь между энергией α -частицы E и периодом полураспада радиоактивного ядра $T_{1/2}$ хорошо описывается формулой

$$\lg T_{1/2} = \frac{a}{\sqrt{E}} + b.$$

Экспоненциальный характер этого процесса возникает вследствие экспоненциального затухания волновой функции в области под барьером, где потенциальная энергия больше энергии частицы.

Экспериментально энергию α -частиц удобно определять по величине их пробега в веществе. Для описания связи между энергией α -частицы и ее пробегом пользуются эмпирическими соотношениями. В диапазоне энергий α -частиц от 4 до 9 МэВ эта связь хорошо описывается выражением

$$R = 0,32E^{3/2}, \quad (1)$$

где пробег α -частиц в воздухе R (при 15 °C и атмосферном давлении) выражается в см, а энергия частицы E в МэВ.

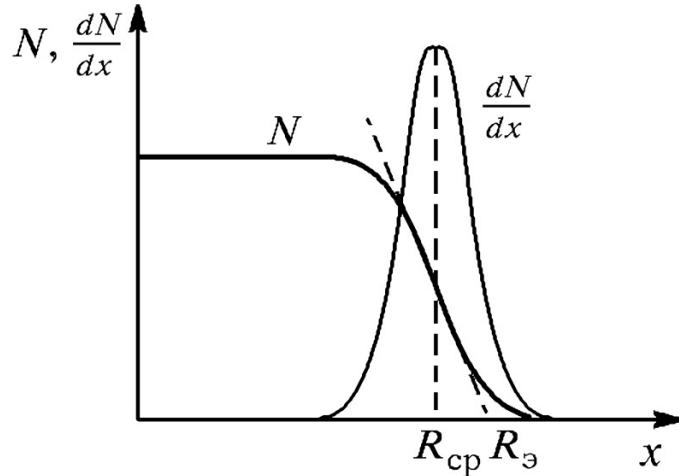


Рис. 1: Зависимость числа α -частиц от глубины их проникновения в вещество

При малых глубинах число частиц не меняется с расстоянием. В конце пути это число не сразу обрывается до нуля, а приближается к нему постепенно. Как видно из кривой dN/dx , большая часть α -частиц останавливается в узкой области, расположенной около некоторого значения x , которое называется средним пробегом R_{cp} . Иногда вместо R_{cp} измеряются экстраполированное значение R_{∞} .

В силу размытия и смещения брэгговского пика из-за угловой расходимости пучков частиц, лучшей оценкой пробега оказывается экстраполированный пробег.

2 Экспериментальная установка

2.1 Счётчик Гейгера

Для определения пробега α -частиц с помощью счетчика радиоактивный источник помещается на дно стальной цилиндрической бомбы, в которой может перемещаться торцевой счетчик Гейгера.

Его чувствительный объем отделен от наружной среды тонким слюдяным окошком, сквозь которое могут проходить α -частицы.

Импульсы, возникающие в счетчике, усиливаются и регистрируются пересчетной схемой. Путь частиц в воздухе зависит от расстояния между источником и счетчиком. Перемещение счетчика производится путем вращения гайки, находящейся на крышке бомбы. Расстояние между счетчиком и препаратом измеряется по шкале, нанесенной на держатель счетчика.

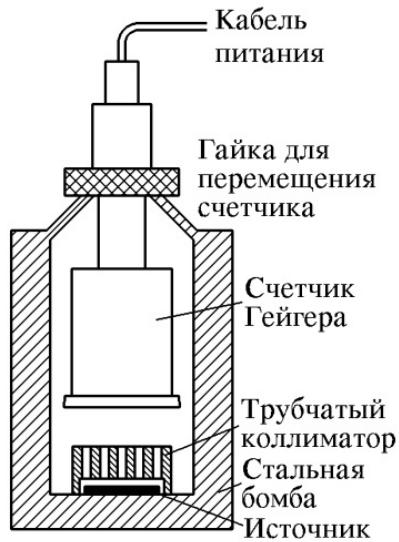


Рис. 2: Счётчик Гейгера

2.2 Сцинтиляционный счётчик

Установка состоит из цилиндрической камеры, на дне которой находится исследуемый препарат. Камера герметично закрыта стеклянной пластинкой, на которую с внутренней стороны нанесен слой люминофора. С наружной стороны к стеклу прижат фотокатод фотоумножителя. Оптический контакт ФЭУ-стекло обеспечивается тонким слоем вазелинового масла.

Сигналы с фотоумножителя через усилитель поступают на пересчетную установку. Расстояние между препаратом и люминофором составляет 9 см, так что α -частицы не могут достигнуть люминофора при обычном давлении. Определение пробега сводится к измерению зависимости интенсивности счета от давления в камере.

2.3 Ионизационная камера

Ионизационная камера – прибор для количественного измерения ионизации, произведенной заряженными частицами при прохождении через газ. Камера представляет собой наполненный газом сосуд с двумя электродами. Сферическая стенка прибора служит одним из электродов, второй электрод вводится в газ через изолирующую пробку. К электродам подводится постоянное напряжение от источника ЭДС. Заполняющий сосуд газ сам по себе не проводит электрический ток, возникает он только при прохождении быстрой заряженной частицы, которая рождает в газе на своем пути ионы. Поместим на торец внутреннего электрода источник ионизирующего излучения, заполним объем камеры воздухом.

Прохождение тока через камеру регистрируется посредством измерения напряжения на включенном в цепь камеры сопротивлении R . При небольших давлениях газа α -частицы передают часть энергии стенкам камеры. По достижении давления P_0 все они заканчивают свой пробег внутри газа, и дальнейшее возрастание тока прекращается. Для определения давления P_0 чаще всего пользуются методом экстраполяции, продолжая наклонный и горизонтальный участки кривой до пересечения.

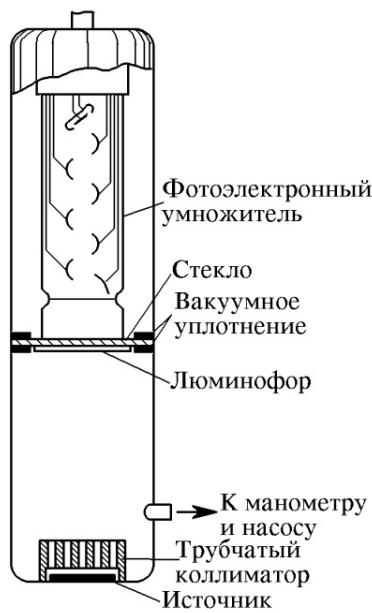


Рис. 3: Установка для измерения пробега α -частиц с помощью сцинтилляционного счетчика

Найденный таким образом пробег затем должен быть приведен к нормальному давлению и температуре 15°C .

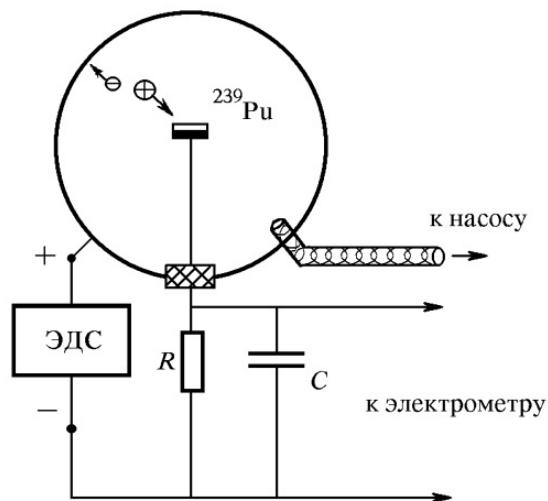


Рис. 4: Установка для измерения пробега α -частиц с помощью ионизационной камеры