

## Лабораторная работа №5.4.1

### Определение энергии $\alpha$ -частиц по величине их пробега в воздухе

Рожков А. В.

18 ноября 2025 г.

**Цель работы:** измерить пробег  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -частиц удобно определять по величине их пробега в веществе. Для описания связи между энергией  $\alpha$ -частицы и ее пробегом пользуются эмпирическими соотношениями. В диапазоне энергий  $\alpha$ -частиц от 4 до 9 МэВ эта связь хорошо описывается выражением

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

где пробег  $\alpha$ -частиц в воздухе  $R$  (при  $15^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении) выражается в см, а энергия частицы  $E$  в МэВ.

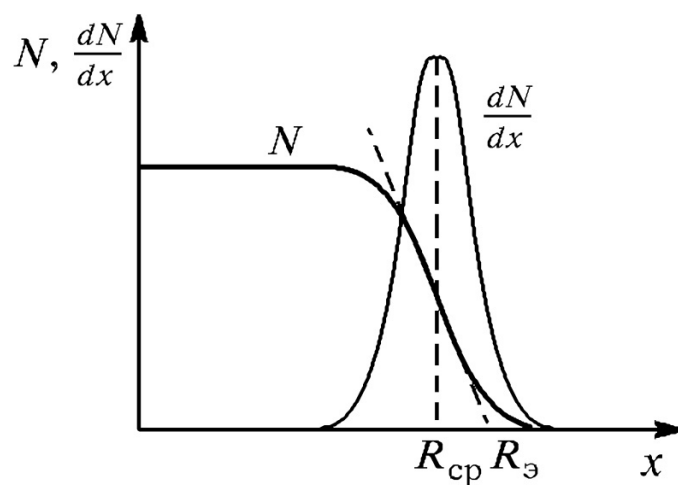


Рис. 1: Зависимость числа  $\alpha$ -частиц от глубины их проникновения в вещество

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  $\alpha$ -частиц останавливается в узкой области, расположенной около некоторого значения  $x$ , которое называется средним пробегом  $R_{\text{ср}}$ . Иногда вместо  $R_{\text{ср}}$  измеряются экстраполированное значение  $R_{\text{э}}$ .

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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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.

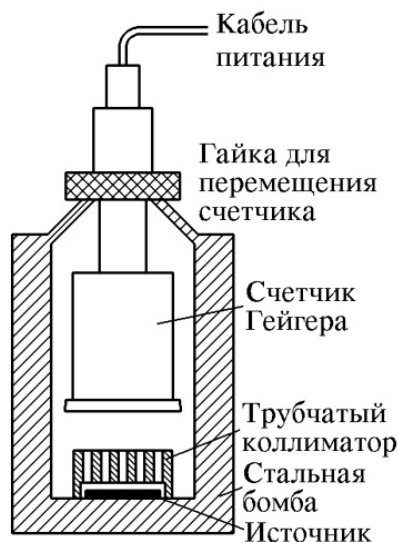


Рис. 2: Счётчик Гейгера

## 2.2 Сцинтилляционный 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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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.

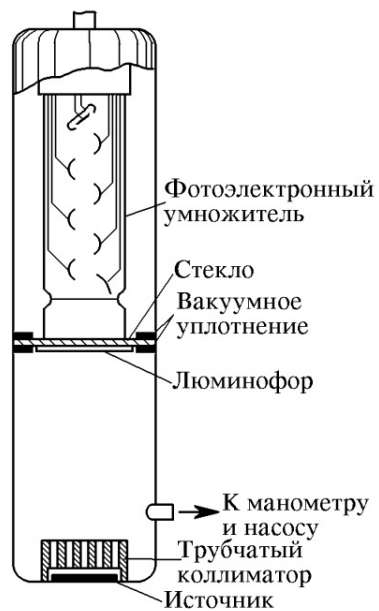


Рис. 3: Установка для измерения пробега  $\alpha$ -частиц с помощью сцинтилляционного счетчика

Найденный таким образом пробег затем должен быть приведен к нормальному давлению и температуре  $15^\circ\text{C}$ .

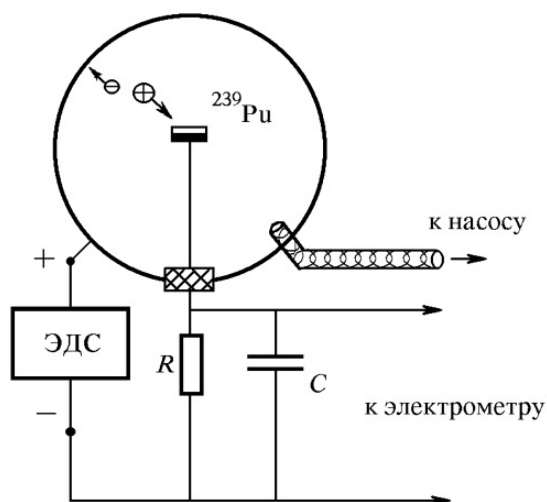


Рис. 4: Установка для измерения пробега  $\alpha$ -частиц с помощью ионизационной камеры