

**Отчет о выполнении лабораторной работы 5.4.1  
"Определение энергии  $\alpha$ -частиц по величине их  
пробега в воздухе"**

Калашников Михаил, Б03-202

# 1. Экспериментальная установка

## 1.1. Счетчик 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.

## 1.2. Сцинтилляционный счетчик

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 наужной стороны к стеклу прижат фотокатод фотоумножителя. 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.

## 1.3. 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.

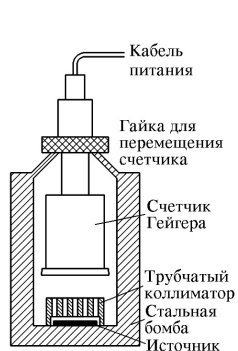


Рис. 1: Установка для измерения пробега  $\alpha$ -частиц с помощью торцевого счетчика Гейгера

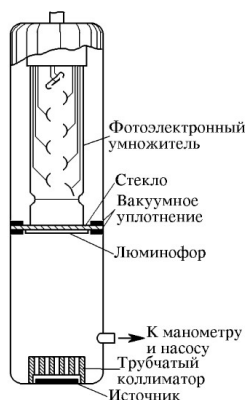


Рис. 2: Установка для измерения пробега  $\alpha$ -частиц с помощью стинцилляционного счетчика

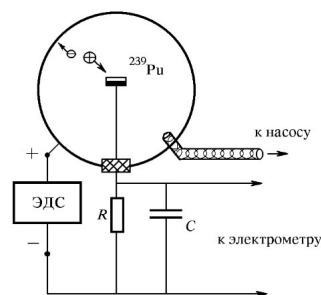


Рис. 3: Схема устройства ионизационной камеры

## 2. Проведение эксперимента и обработка результатов

### 2.1. Исследование пробега $\alpha$ -частиц с помощью счетчика Гейгера

Проведем измерения зависимости скорости счета от расстояния между источником и счетчиком, перемещая счетчик. Построим график  $N(x)$ . По графику определим значение  $R_\alpha$ . Сильный разброс экспериментальных точек не позволяет определить точку перегиба графика. Оценим  $R_{\text{ср}}$  как среднюю точку линейной части зависимости.

Полученные длины пробега приведем к длинам пробега при нормальных условиях при помощи формулы

$$R_{\text{норм}} = R \frac{P}{P_{\text{норм}}} \frac{T_{\text{норм}}}{T}$$

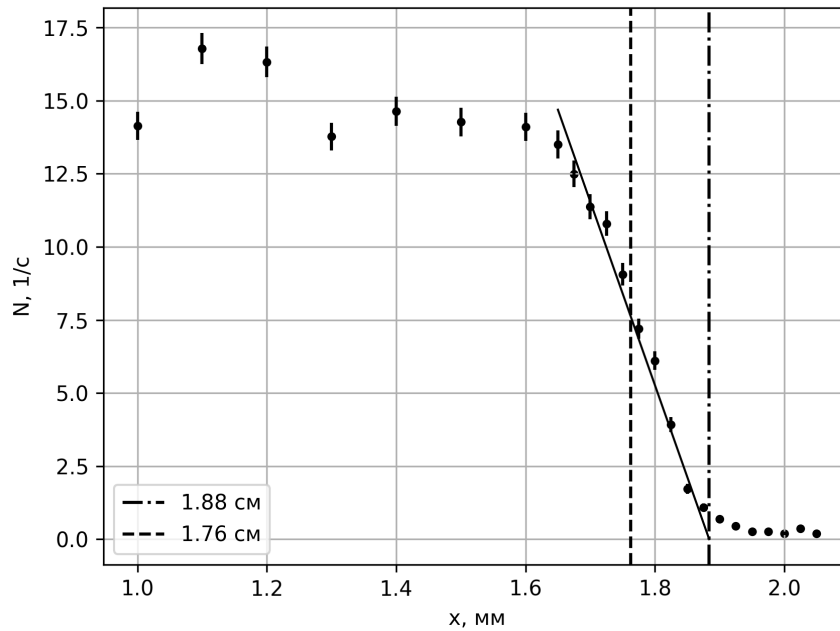


Рис. 4: График зависимости  $N(x)$  для счетчика Гейгера

$$\begin{aligned} R_\alpha &= (1.884 \pm 0.006) \text{ см}, & R_{\text{ср}} &= (1.76 \pm 0.18) \text{ см} \\ R_{\alpha, \text{норм}} &= (1.798 \pm 0.006) \text{ см}, & R_{\text{ср, норм}} &= (1.68 \pm 0.17) \text{ см} \\ R'_{\alpha, \text{норм}} &= (2.106 \pm 0.007) \text{ мг/см}^2, & R'_{\text{ср, норм}} &= (2.0 \pm 0.2) \text{ мг/см}^2 \end{aligned}$$

## 2.2. Определение пробега $\alpha$ -частиц с помощью сцинтилляционного счетчика

Проведем измерения зависимости скорости счета от давления в камере, перемещая счетчик. Построим график  $N(P)$ . По графику определим значение  $P_3$ . Для определения  $P_{\text{ср}}$  численно продифференцируем полученную зависимость. Пик производной аппроксимируем параболой и найдем положение ее вершины. Оно будет соответствовать  $P_{\text{ср}}$ . Зная, что расстояние между детектором и источником  $x_0$  составляет 9 см, вычислим длину свободного пробега по формуле:

$$R_{\text{норм}} = x_0 \frac{P}{P_{\text{норм}}} \frac{T_{\text{норм}}}{T}$$

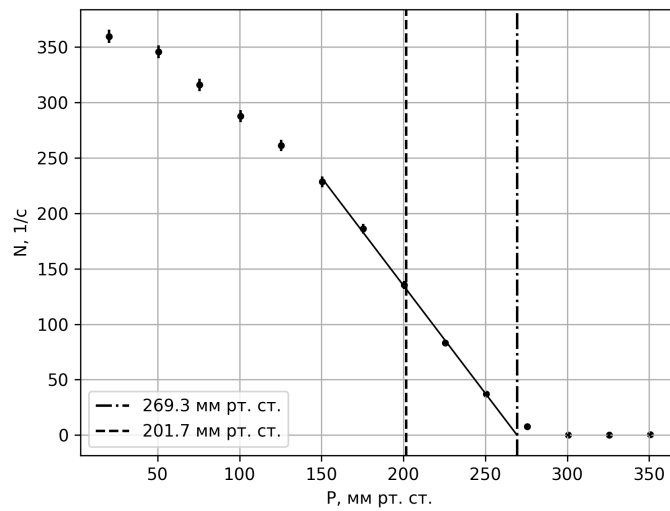


Рис. 5: График зависимости  $N(P)$  для сцинтилляционной камеры

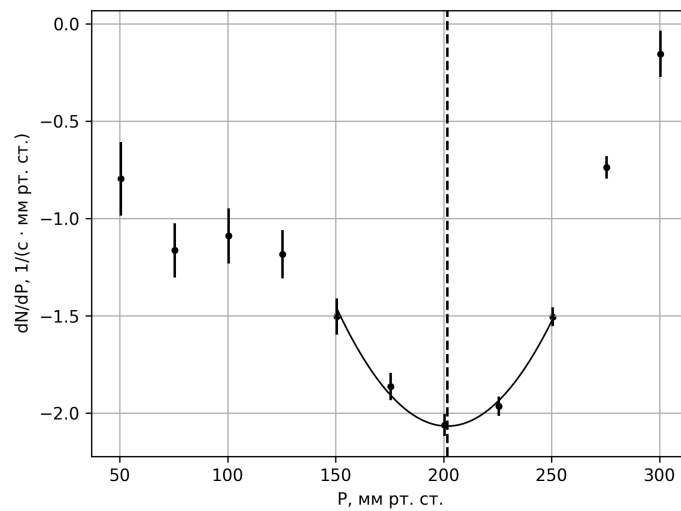


Рис. 6: График зависимости производной  $N(P)$

$$R_{\text{э, норм}} = (3.082 \pm 0.010) \text{ см}, \quad R_{\text{ср, норм}} = (2.309 \pm 0.015) \text{ см}$$

$$R'_{\text{э, норм}} = (3.610 \pm 0.012) \text{ мг/см}^2, \quad R'_{\text{ср, норм}} = (2.704 \pm 0.018) \text{ мг/см}^2$$

Определим толщину слюды, закрывающей окно торцевого счетчика. Она может быть вычислена по формуле:

$$d = \frac{1}{1.2} \frac{R'_{\text{сцинт}} - R'_{\text{Гейг}}}{\rho_{\text{возд}}} = 10.70 \pm 0.10 \text{ мкм}$$

Определим энергию  $\alpha$ -частиц по формуле  $R = 0.32E^{3/2}$ .

$$E_{\alpha} = 4.527 \pm 0.010 \text{ МэВ}$$

$$E_{\text{ср}} = 3.734 \pm 0.017 \text{ МэВ}$$

Определим количество вещества в препарате.

$$\dot{N} = \frac{\Omega}{4\pi} \lambda N = \frac{\Omega}{4\pi} \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \nu N_A$$

В качестве  $\dot{N}$  возьмем ее максимальную величину в данном эксперименте.  $\dot{N} = (360 \pm 6) \text{ с}^{-1}$ ,  $\Omega = 0.04 \text{ ср}$ ,  $T_{1/2} = 2.311 \cdot 10^4 \text{ лет}$ .

$$\nu = \frac{\dot{N}}{N_A} \frac{4\pi}{\Omega} \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = (1.97 \pm 0.03) \cdot 10^{-7} \text{ моль}$$

Выражая полученную величину в граммах, получим

$$m = \nu M = (0.0472 \pm 0.0008) \text{ мг}$$

### 2.3. Определение пробега $\alpha$ -частиц с помощью ионизационной камеры

Проведем измерения тока в ионизационной камере в зависимости от давления в ней. По полученным данным построим график зависимости  $I(P)$ . Определим экстраполированный пробег  $\alpha$ -частиц по пересечению прямых, проведенных через две части графика. Зная, что радиус ионизационной камеры  $r$  составляет 5 см, найдем длину свободного пробега при нормальных условиях.

$$R_{\text{норм}} = r \frac{P}{P_{\text{норм}}} \frac{T_{\text{норм}}}{T}$$

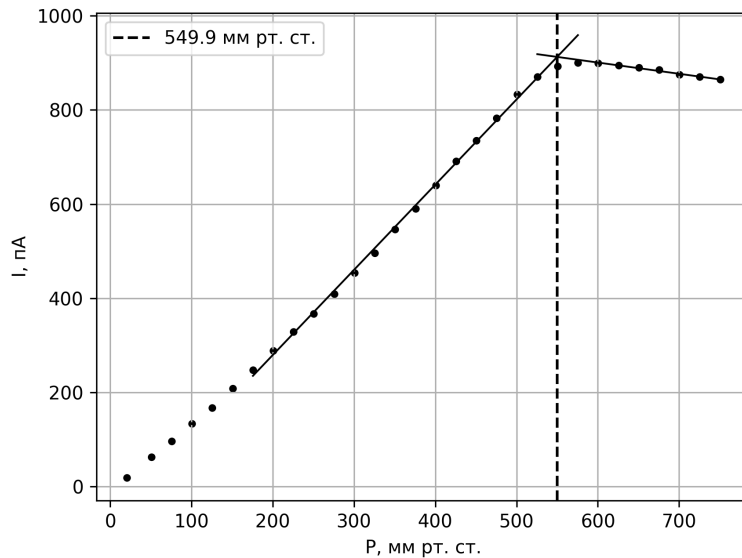


Рис. 7: График зависимости  $I(P)$  для ионизационной камеры

$$R_{\alpha, \text{норм}} = (3.497 \pm 0.008) \text{ см}$$

$$R'_{\alpha, \text{норм}} = (3.001 \pm 0.007) \text{ мг/см}^2$$