

4.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ α -ЧАСТИЦ ПО ВЕЛИЧИНЕ ИХ ПРОБЕГА В ВОЗДУХЕ

Егор Берсенов

1 Теоретическое введение

Энергию альфа-частиц удобно определять по величине их пробега в веществе. Рассмотрим подробно взаимодействие заряженных частиц с веществом. Альфа-частицы при прохождении вещества чаще всего теряют энергию в результате неупругих столкновений с атомами. Этот процесс можно рассматривать как процесс непрерывного столкновения. Рассеиваемая энергия не превышает $4mE/M$. Атомные электроны можно считать свободными в силу того, что энергия налетающей частицы значительно превышает энергию связи электронов в атомах:

$$E_e = \frac{p^2}{2m} = \frac{1}{2m} \left(\frac{Ze^2}{y^2} \cdot \frac{2y}{v} \right) = \frac{2e^4 Z^2}{mv^2 y^2} \quad (1)$$

Если плотность электронов в среде $n = nZ$, то потеря энергии заряженной частицей на единице пути в результате взаимодействия с электронами в слое $2\pi y dy$ будет выражаться как:

$$dE(y) = \frac{4\pi n Z z^2 e^4}{mv^2} \frac{dy}{y} \quad (2)$$

Преобразуя выражение и вводя обозначение \bar{I} :

$$\ln \frac{E_{max}}{E_{min}} = \ln \frac{2mv^2}{\bar{I}} \quad (3)$$

$$\left(\frac{dE}{dx} \right) \simeq 2\pi \frac{e^4 z^2}{mv^2} nZ \ln \frac{2mv^2}{\bar{I}} \quad (4)$$

Величину $\frac{dE}{dx}$ называют тормозную способность вещества. Зависимость тормозной способности от пути называется кривой Брэгга. Две такие кривые для движения ^{210}Po и ^{214}Po показаны на рисунке. Характерный подъем называется пиком Брэгга.

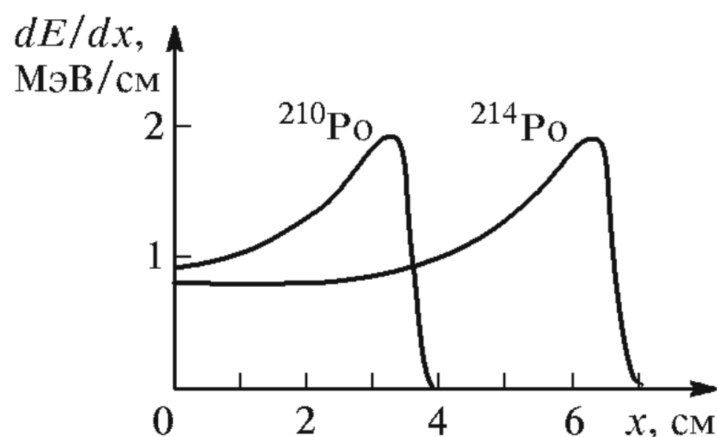


Рис. 1: Кривая Брэгга

2 Экспериментальная часть

В этой работе мы исследуем длину пробега альфа-частиц тремя способами:

1. С помощью счетчика Гейгера
2. С помощью сцинтилляционного счетчика
3. С помощью ионизационной камеры

3 Экспериментальные данные

С помощью счётчика Гейгера исследуем скорость счёта альфа-частиц в зависимости от расстояния до счётчика. Построим график и определим среднюю и экстраполированную длину пробега.

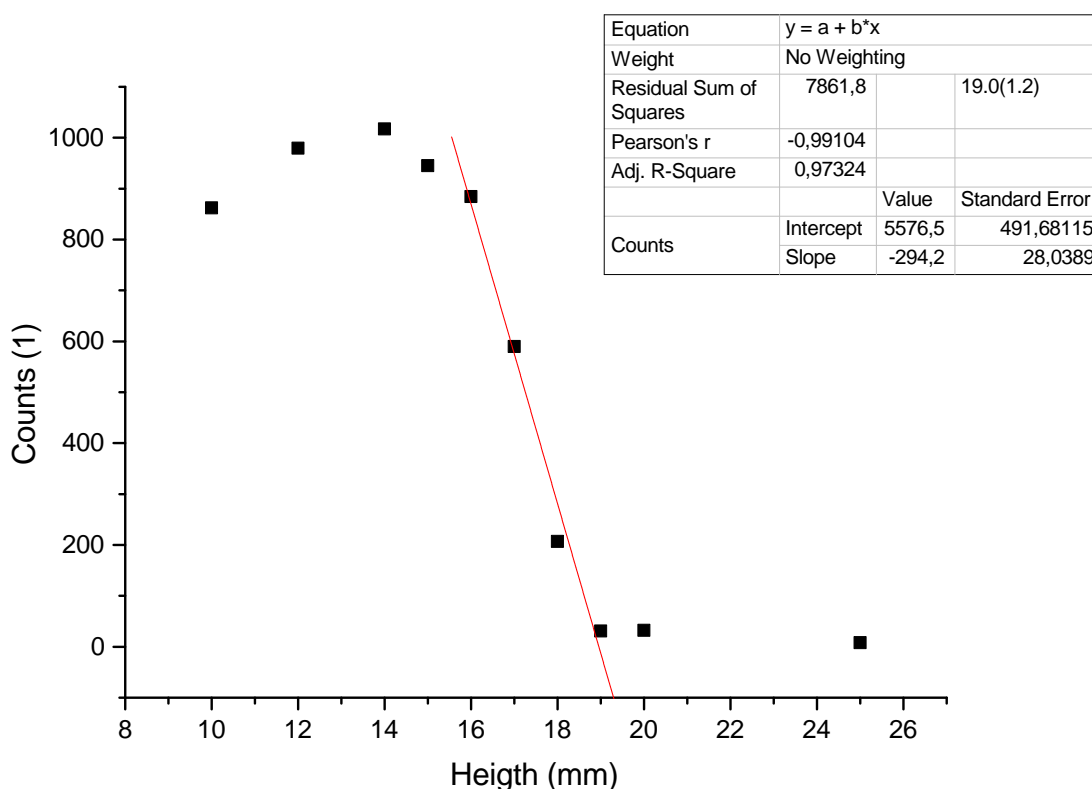


Рис. 2: Зависимость количества счётов от расстояния

Отсюда получим экстраполированную длину α -частиц: $R = 19.0 \pm 1.2$ мм. Приведенная длина пробега равна $R = 20.4 \pm 1.3$ мм. Рассчитаем энергию: $E = 3.43 \pm 0.55$ MeV

Повторим исследование с помощью ионизационной камеры. Построим график зависимости тока от давления в камере:

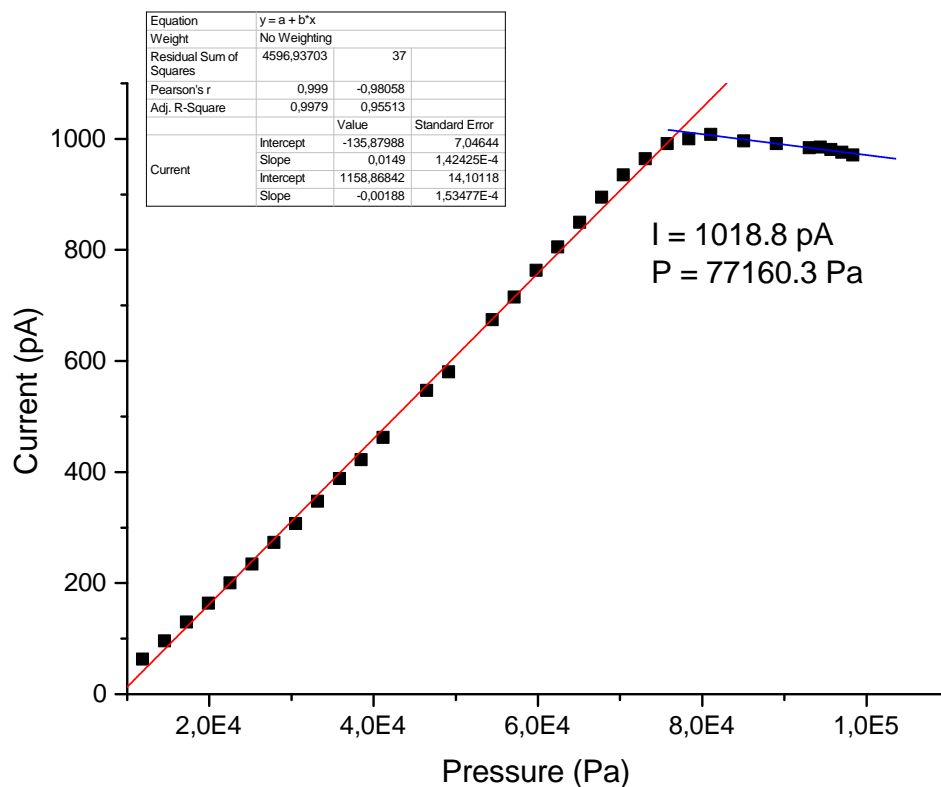


Рис. 3: Зависимость тока от давления

Экстраполированная длина пробега $R = \frac{298}{288} \cdot \frac{77160}{101325} \cdot 50 = 39.4 \pm 1.2, \text{ мм}$. Отсюда энергия частиц равна $E = 5.33 \pm 0.55 \text{ MeV}$.

Исследуем длину пробега с помощью сцинтилляционного детектора:

Экстраполированная длина пробега $R = \frac{298}{288} \cdot \frac{31525}{101325} \cdot 90 = 29.0 \pm 0.7, \text{ мм}$. Энергия частиц равна $E = 4.33 \pm 0.47 \text{ MeV}$.

Совместим результаты измерений в таблицу:

	$R, \text{ mm}$	$\sigma R, \text{ mm}$	$R, \text{ g/cm}^2$	$\sigma R', \text{ g/cm}^2$	$E, \text{ MeV}$	$\sigma E, \text{ MeV}$
Ион. камера	39.4	1.2	47.3	1.4	5.33	0.55
Счётчик Гейгера	19	1.2	22.8	1.4	3.43	0.55
Сцинт. детектор	29	0.7	34.8	0.8	4.33	0.47

Таблица 1: Сводная таблица результатов

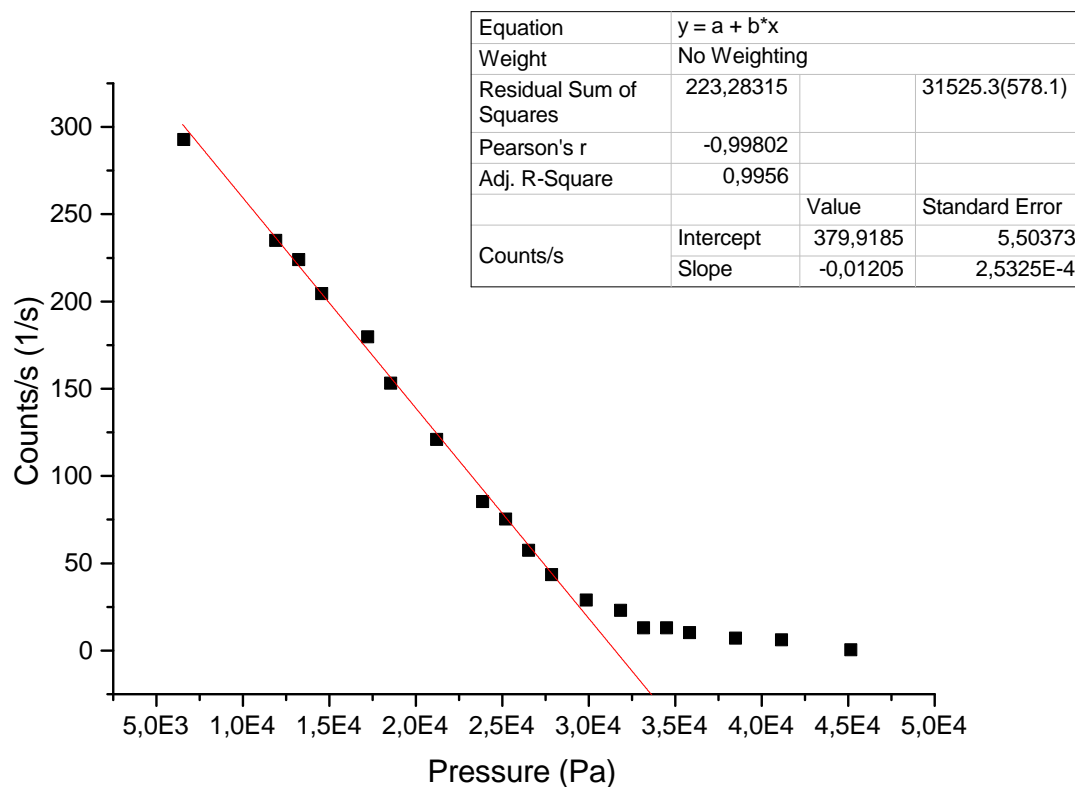


Рис. 4: Зависимость скорости счёта от расстояния

4 Вывод и обсуждение результатов

Энергия α -частиц при распаде ^{239}Pu можно считать приблизительно равной 5.15 МэВ. Наиболее точным методом оказалась ионизационная камера, наименее точным — счётчик Гейгера. Причины произошедшего состоят в том, что в счетчике Гейгера установлен коллиматор, на выходе из которого установлено слюдяное окошко, снижающее энергию частиц.