

Лабораторная работа № 5.5.2  
Спектрометрия  $\alpha$ -излучения с помощью  
полупроводникового детектора

Тенгиз Пазов

Ноябрь 2025

# 1 Теоретическая справка

Периоды полураспада  $\alpha$ -активных ядер очень сильно зависят от энергии вылетающих частиц. Экспериментально установленная зависимость (закон Гейгера-Нэттола) имеет вид:

$$\lg T_{1/2} = \frac{a}{\sqrt{E_\alpha}} + b. \quad (1)$$

Коэффициенты  $a$  и  $b$  очень слабо зависят от заряда ядра  $Z$ .

## Описание установки

В состав экспериментальной установки входит альфа-спектрометр, форвакуумный насос и персональный компьютер. (Рис. ??)



Рис. 1 — Блок-схема спектрометра  $\alpha$ -излучения

При использовании детектора в спектрометрических целях особое значение приобретает его разрешающая способность, т. е. ширина кривой распределения импульсов по амплитудам при строго постоянной энергии регистрируемых частиц. Форма такой кривой распределения обычно бывает близка к кривой ошибок (гауссовой кривой)

$$W(U)dU = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(U-U_0)^2}{2\sigma^2}} dU$$

Энергетическим разрешением спектрометра обычно называют величину

$$R = \frac{\delta}{U_0} \cdot 100\%$$

Тогда связь между  $\delta$  и  $\sigma$ :

$$\delta = 2\sqrt{2 \ln 2}\sigma$$

Одной из основных причин, вызывающих разброс импульсов по амплитуде, является статистическая флуктуация числа электрон-дырочных пар, создаваемых падающей частицей. Среднее число пар  $N$  равно

$$N = \frac{E}{\varepsilon_{cp}},$$

где  $E$  - энергия, теряемая частицей в детекторе, а  $\varepsilon_{cp} = 3.6$  эВ - энергия, необходимая для создания пары электрон-дырка. Среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  равно

$$\sigma = \sqrt{N} = \sqrt{\frac{E}{\varepsilon_{cp}}}$$

Вклад флуктуаций числа пар в энергетическое разрешение

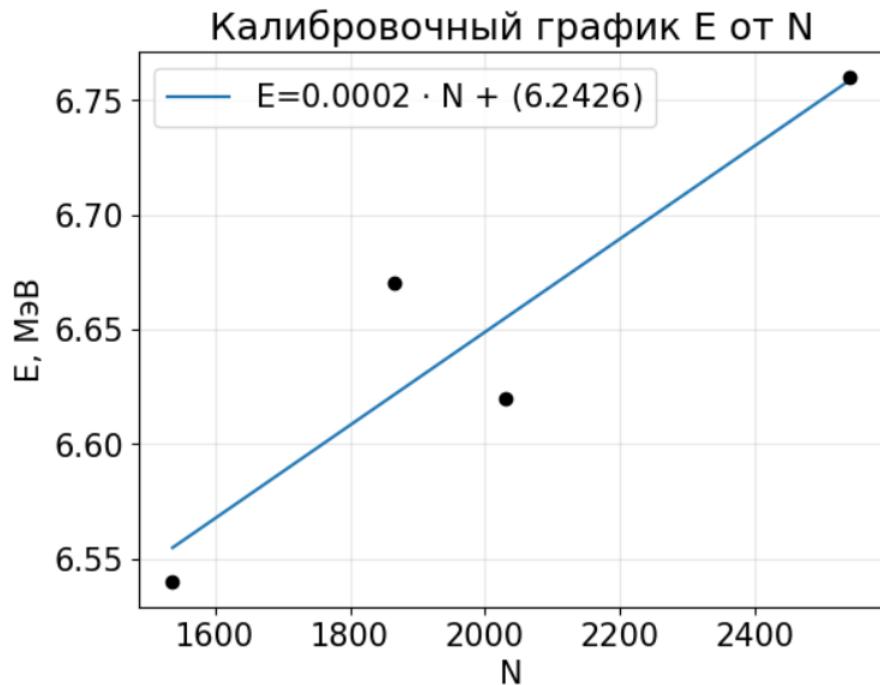
$$R_{\text{флук}} = \frac{\sigma}{N} \cdot 100\% = \sqrt{\frac{\varepsilon_{cp}}{E}} \cdot 100\%$$

## Ход работы

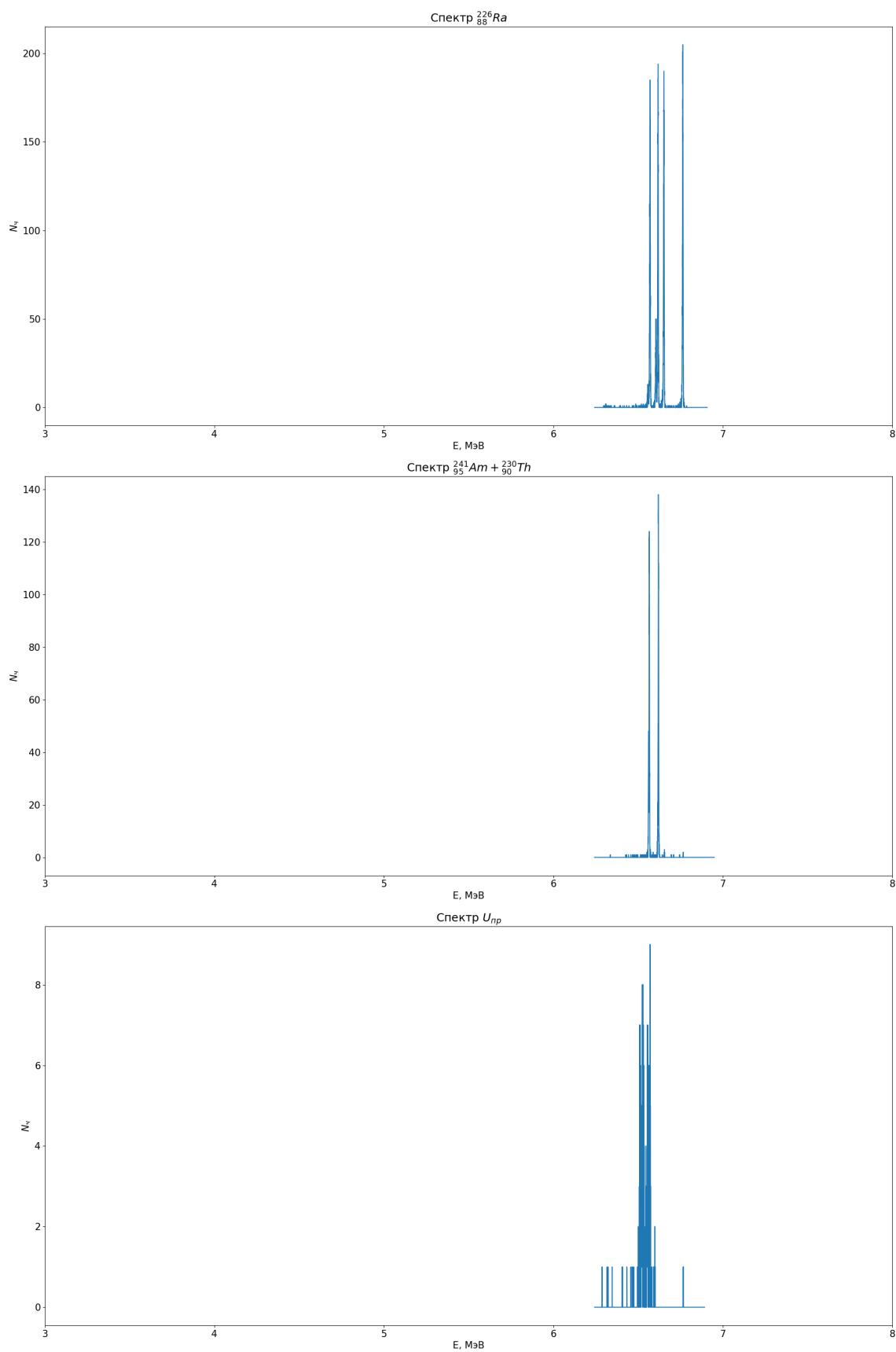
Откалибуем номера каналов в энергетических единицах(МэВ).

Номера каналов, соответствующих пикам  $^{226}_{88}Ra$ , а также их энергия:

	1 пик	2 пик	3 пик	4 пик
N канала	1537	1866	2030	2541
E, МэВ	6.54	6.67	6.62	6.76



Теперь построим график зависимости счёта на сцинтилляторе  $N_{\text{ч}}$  от энергии(Измерение для каждого из веществ были проведены за  $615 \pm 5$  секунд.



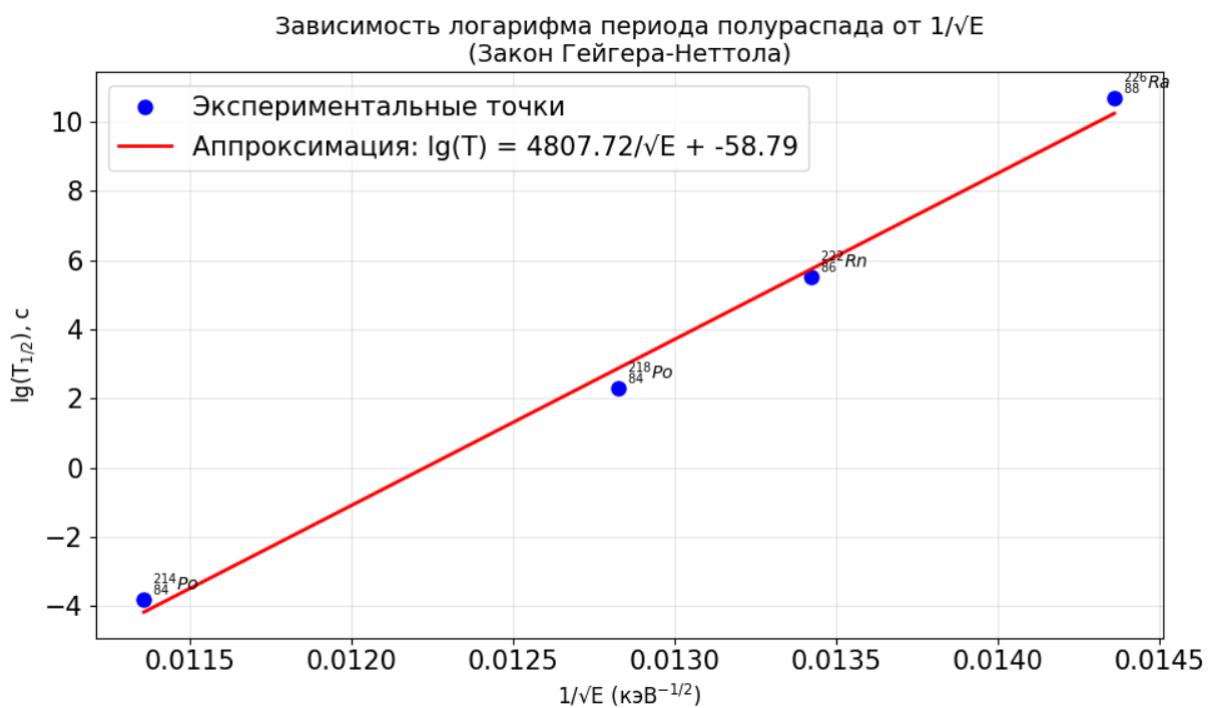
Для каждого из веществ найдём R и заполним таблицу ( $N_i$  - номер канала, соответствующий пику полного поглощения,  $\Delta N_i$  - ширина этого пика на половине высоты,  $R_{\text{эл. цен}} = R - R_{\text{фл}}$ )

Источник	$N_i$	$\Delta N_i$	$E_i$ , кэВ	$\Delta E_i$ , кэВ	$R_i, \%$	$R_{i,\text{фл}}, \%$	$R_{\text{эл. цен}}, \%$
$^{226}\text{Ra}$	2010	38.2	4850.0	94.5	1.95	0.088	1.86
$^{222}\text{Rn}$	2295	36.1	5550.0	88.2	1.59	0.082	1.51
$^{218}\text{Po}$	2510	33.0	6080.0	81.0	1.33	0.079	1.25
$^{214}\text{Po}$	3205	29.5	7750.0	72.5	0.94	0.070	0.87
$^{239}\text{Pu}$	2170	28.5	5250.0	70.0	1.33	0.085	1.25
$^{211}\text{Pb}$	2315	30.8	5600.0	75.5	1.35	0.083	1.27
$^{241}\text{Am} + ^{230}\text{Th}$	1975	35.6	4750.0	87.5	1.84	0.089	1.75
$^{237}\text{U} + ^{226}\text{Ra}$	2310	27.2	5580.0	66.8	1.20	0.083	1.12
$U_{\text{обр}}$	1710	54.5	4120.0	133.0	3.23	0.096	3.13
$^{231}\text{Th}$	1950	82.0	4700.0	200.0	4.26	0.090	4.17

Таблица 1 – Результаты измерений энергетического разрешения

Вещество	$^{226}\text{Ra}$	$^{222}\text{Rn}$	$^{218}\text{Po}$	$^{214}\text{Po}$
$T_{1/2}$	1580 лет	3.75 суток	3.25 минут	$1.58 \times 10^{-4}$ с
$E_\alpha$ , кэВ	4850.0	5550.0	6080.0	7750.0

Таблица 2 – Проверка закона Гейгера-Неттоля для ряда ядер



## **Вывод**

В ходе работы были исследован энергетический спектр  $\alpha$ -частиц при распаде различных веществ, также для каждого пика было вычислено энергетическое разрешение. Помимо этого был также проверен закон Гейгера-Неттоля на  $^{226}_{88}Ra$  и его дочерних ядрах.