

Лабораторная работа № 5.5.2
Спектрометрия α -излучения с помощью
полупроводникового детектора

Тенгиз Пазов

Ноябрь 2025

1 Теоретическая справка

Периоды полураспада α -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. ??)

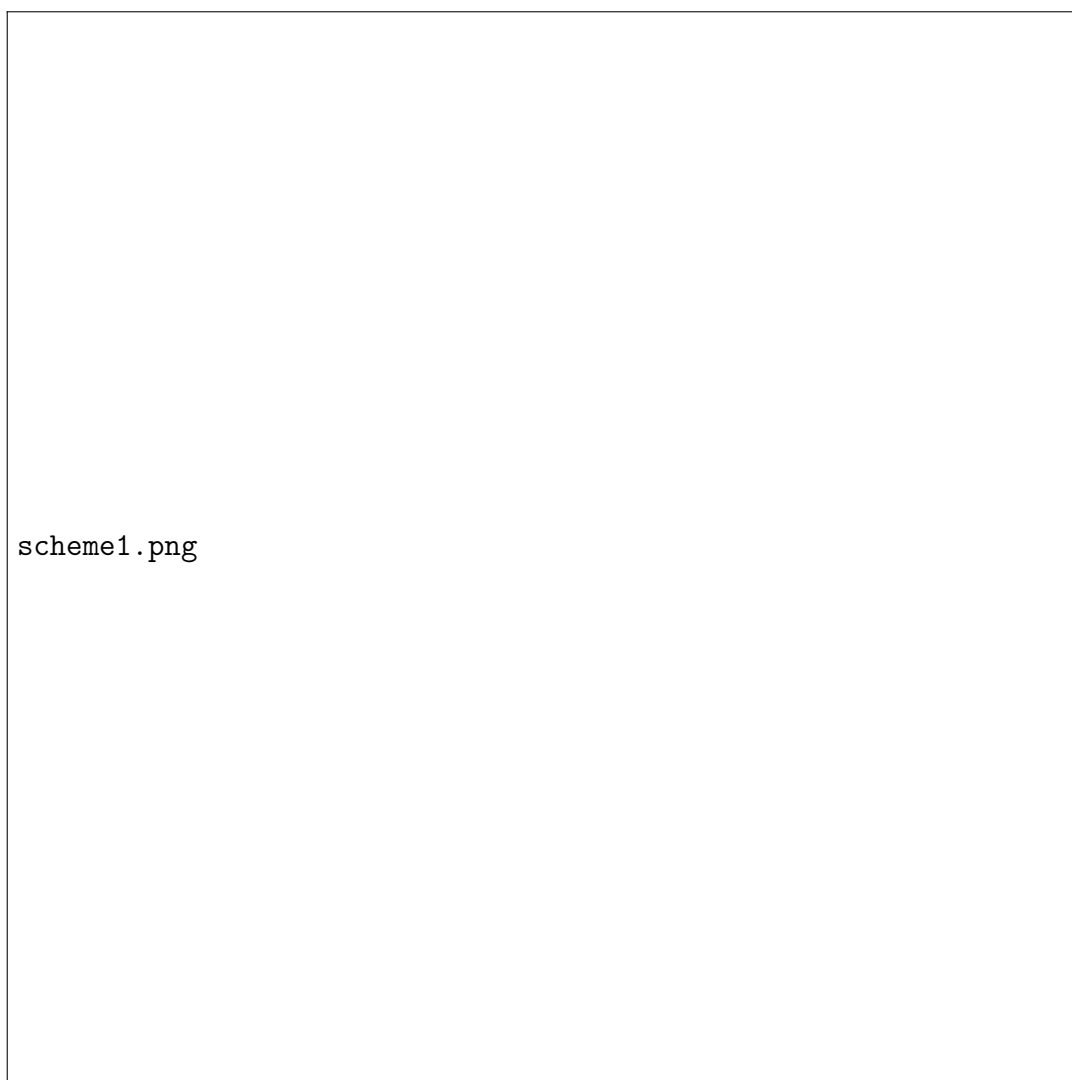


Рис. 1 — Блок-схема спектрометра α -излучения

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 δ и σ :

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

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

$$N = \frac{E}{\varepsilon_{\text{ср}}},$$

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

$$\sigma = \sqrt{N} = \sqrt{\frac{E}{\varepsilon_{\text{ср}}}}$$

Вклад флуктуаций числа пар в энергетическое разрешение

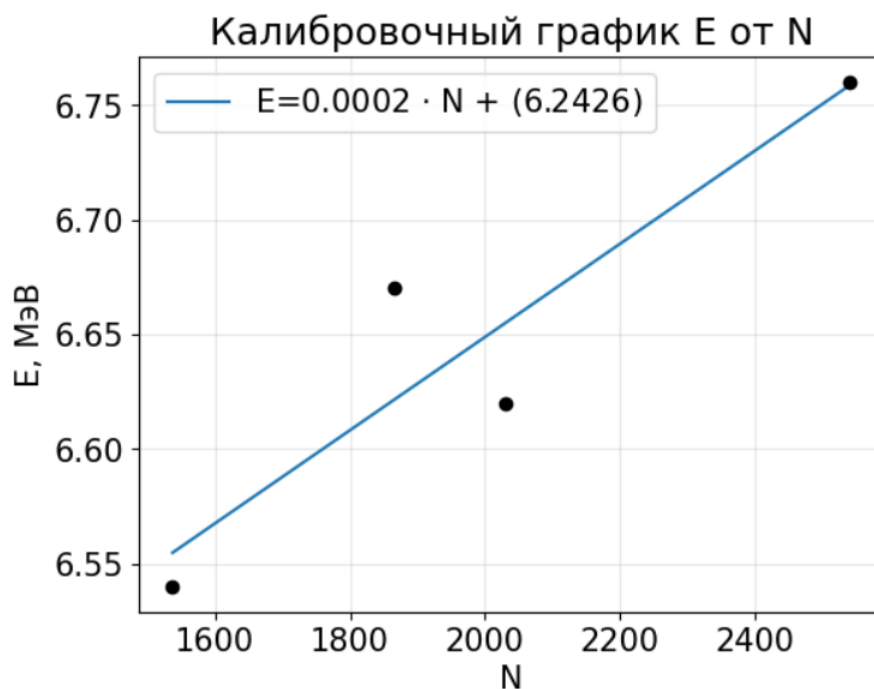
$$R_{\text{флук}} = \frac{\sigma}{N} \cdot 100\% = \sqrt{\frac{\varepsilon_{\text{ср}}}{E}} \cdot 100\%$$

Ход работы

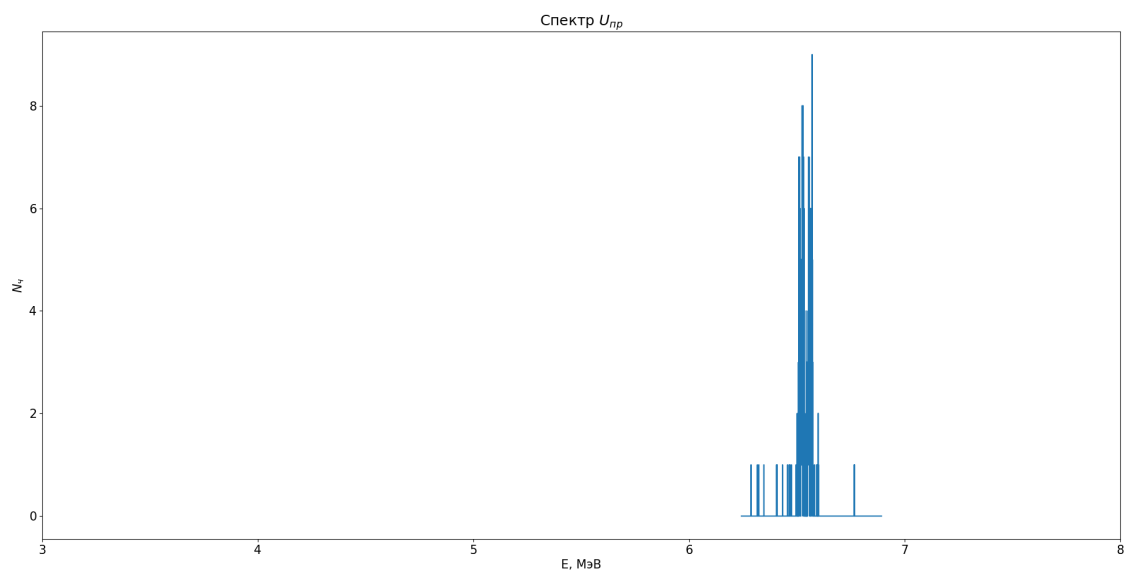
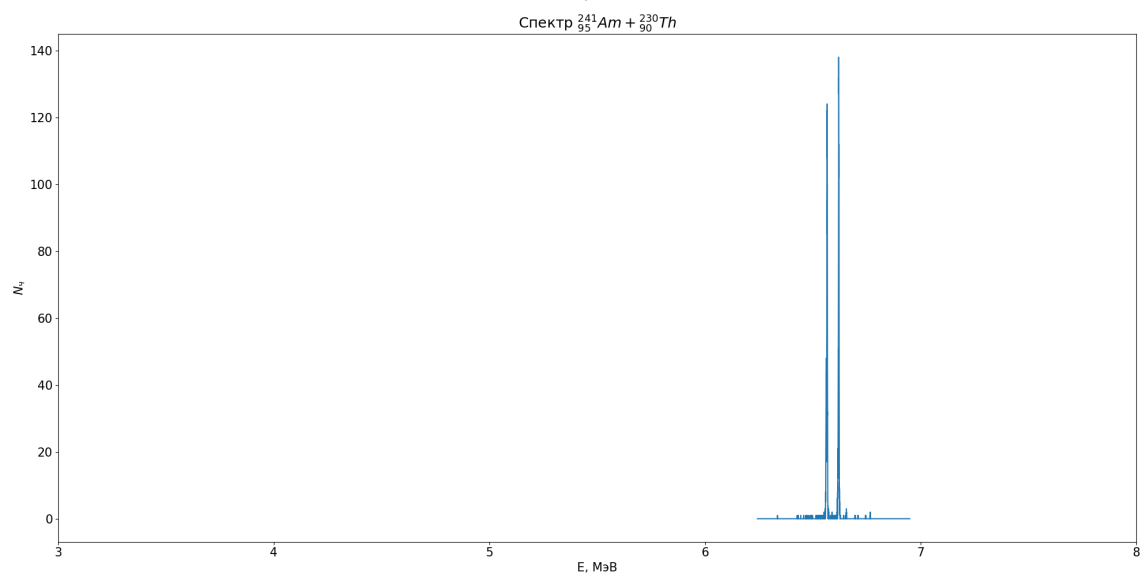
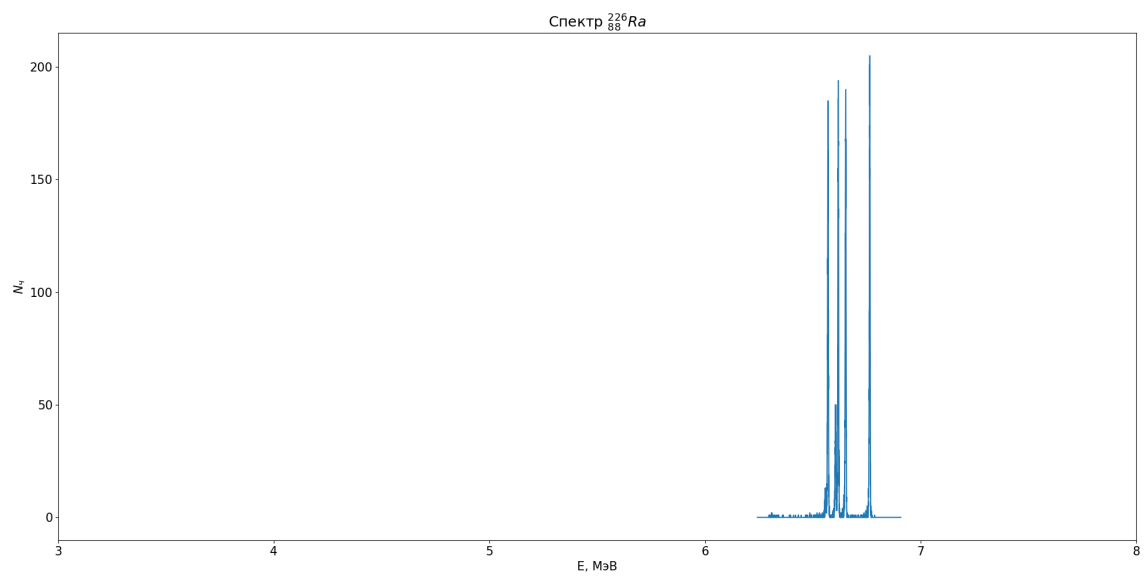
Откалибруем номера каналов в энергетических единицах(МэВ).

Номера каналов, соответствующих пикам $^{226}_{88}\text{Ra}$, 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 сцинтиляторе $N_{\text{с}}$ от энергии(Измерение для каждого из веществ были проведены за 615 ± 5 секунд).



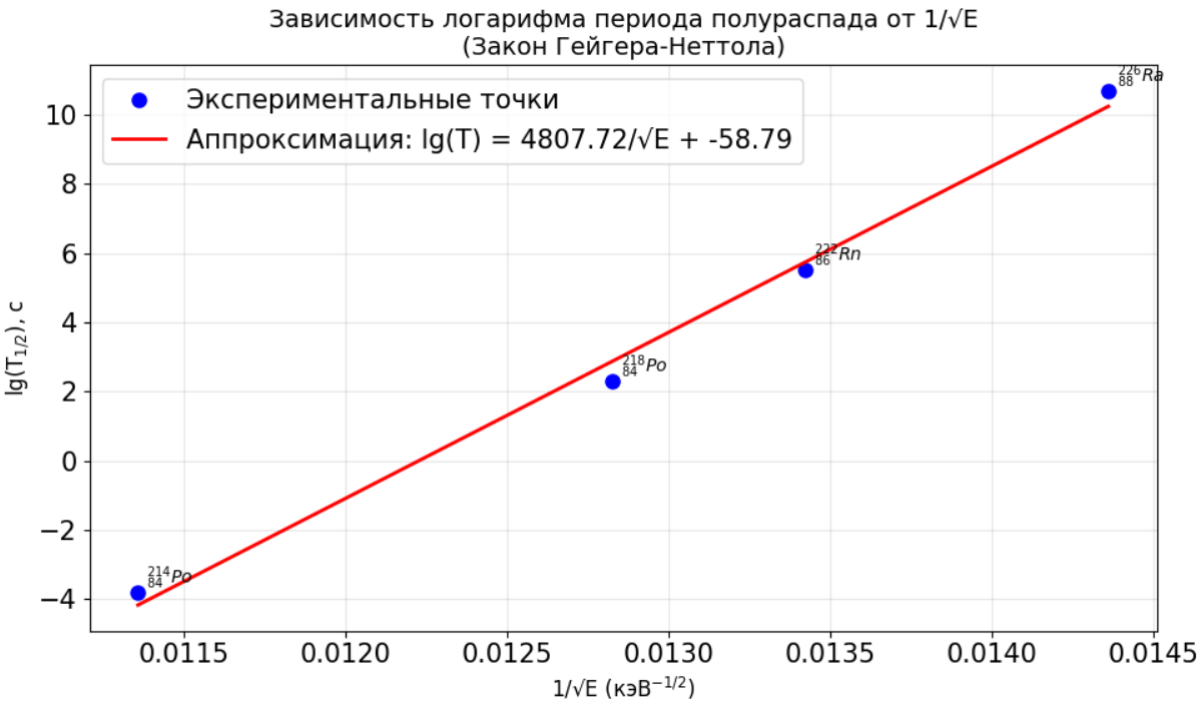
Для каждого из веществ найдём R и заполним таблицу (N_i - номер канала, соответствующий пику полного поглощения, ΔN_i - ширина этого пика на половине высоты, $R_{\text{эл. цеп}} = R - R_{\text{фл}}$)

Источник	N_i	ΔN_i	E_i , кэВ	ΔE_i , кэВ	R_i , %	$R_{i,\text{фл}}$, %	$R_{\text{эл. цеп}}$, %
^{226}Ra	2010	38.2	4850.0	94.5	1.95	0.088	1.86
^{222}Rn	2295	36.1	5550.0	88.2	1.59	0.082	1.51
^{218}Po	2510	33.0	6080.0	81.0	1.33	0.079	1.25
^{214}Po	3205	29.5	7750.0	72.5	0.94	0.070	0.87
^{239}Pu	2170	28.5	5250.0	70.0	1.33	0.085	1.25
^{211}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}Th	1950	82.0	4700.0	200.0	4.26	0.090	4.17

Таблица 1 – Результаты измерений энергетического разрешения

Вещество	$^{226}_{88}\text{Ra}$	$^{222}_{86}\text{Rn}$	$^{218}_{84}\text{Po}$	$^{214}_{84}\text{Po}$
$T_{1/2}$	1580 лет	3.75 суток	3.25 минут	1.58×10^{-4} с
E_{α} , кэВ	4850.0	5550.0	6080.0	7750.0

Таблица 2 – Проверка закона Гейгера-Неттола для ряда ядер



Вывод

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