

Измерение естественной радиоактивности материалов на германиевом детекторе

Студентка: Карпова Е.В.

Группа Б23-102

Научный руководитель: Мачулин И.Н.

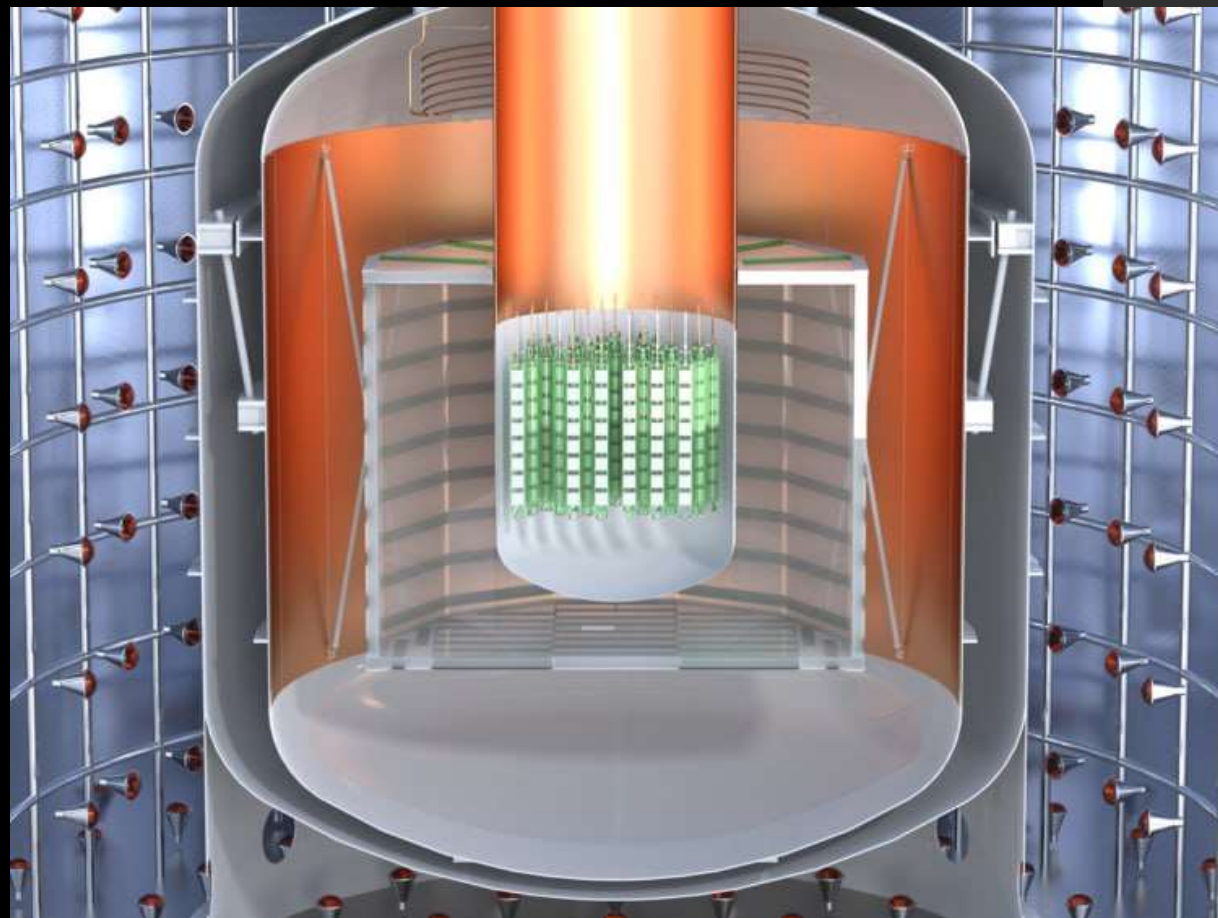
Эксперимент LEGEND

Эксперимент LEGEND — поиск безнейтринного двойного бета-распада $0\nu\beta\beta$ на изотопе ^{76}Ge с целью проверки майорановской природы нейтрино и нарушения лептонного числа.

В качестве детекторов используются высокочистые германиевые кристаллы, обогащенные ^{76}Ge , которые сами служат источником и детектором, обеспечивая превосходное энергетическое разрешение.

Распад $0\nu\beta\beta$ — это превращение двух нейтронов в два протона с испусканием двух электронов без вылета нейтрино, что возможно только если нейтрино является античастицей самой себе.

Событие крайне редкое: период полураспада $> 10^{26}$ лет. Сигнал — пик в спектре при энергии ≈ 2.04 МэВ, свободный от фона.



Германиевые детекторы

Высокоочищенный германиевый кристалл, охлаждаемый до криогенных температур ($\sim 77\text{ K}$), который функционирует как полупроводниковый детектор ионизирующего излучения, преимущественно гамма-квантов.

Ключевые преимущества

Высокое энергетическое разрешение — позволяет надёжно разделять близкие спектральные линии.

Низкий собственный фон — благодаря высокой степени очистки германия от радиоактивных примесей.

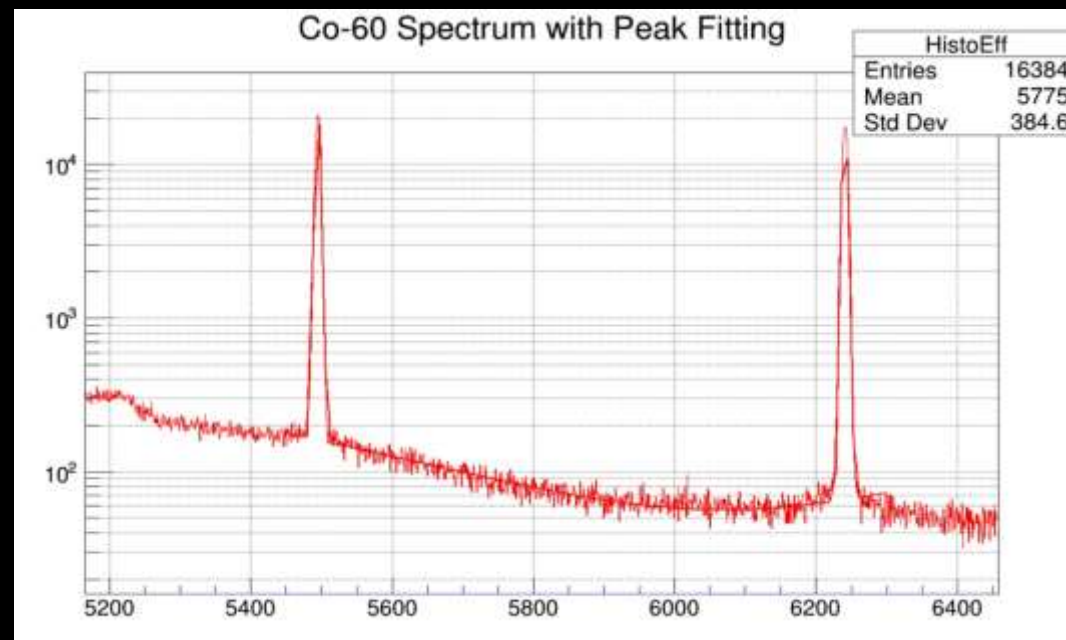
Криогенная работа сводит к минимуму тепловые шумы, улучшая отношение сигнал/шум.



Результаты калибровки детектора

Результаты калибровки детектора

Источник	E_γ (keV)	Channel	Channel Error	N	t (s)	FWHM	σ
Co-60	1173.2	5494.95	0.0085	393 968	2000	8.37	3.5523
	1332.5	6241.10	0.0095	459 713	2000	8.94	3.7968
Cs-137	661.7	3097.87	0.0034	641 253	1000	6.41	2.7222
	569.7	2666.80	0.0061	193 720	1000	6.27	2.6630
Bi-207	1063.7	4979.59	0.0122	82 343	1000	8.07	3.4285
	1770.2	8288.55	0.0649	5243	1000	11.05	4.6926
K-40	1461.0	6843.80	0.0905	7393	2000	17.83	7.5700
	239.0	1116.54	0.0071	85 412	500	4.81	2.0424
Th-232	338.3	1583.24	0.0171	19 811	500	5.32	2.2585
	583.2	2729.94	0.0163	28 076	500	6.19	2.6296
	727.0	3404.42	0.0407	7283	500	7.09	3.0122
	860.0	4028.36	0.0583	3487	500	6.49	2.7568
	911.2	4265.44	0.0218	21 901	500	7.19	3.0542
	2614.5	12242.60	0.0633	16 257	500	12.69	5.3884
Ti-44	68.9	634.89	0.0059	314 521	2000	7.30	3.1000
	78.3	732.67	0.0041	620 304	2000	7.24	3.0749
	1157.0	10839.40	0.0156	394 397	2000	16.72	7.0985
U-238	295.2	1382.29	0.0361	4638	1000	5.64	2.3929
	351.9	1647.95	0.0276	7929	1000	5.60	2.3790
	609.3	2853.99	0.0359	6182	1000	6.44	2.7339
	1120.3	5248.13	0.1036	1268	1000	8.39	3.5655
	1238.1	5800.06	0.1749	473	1000	8.40	3.5662

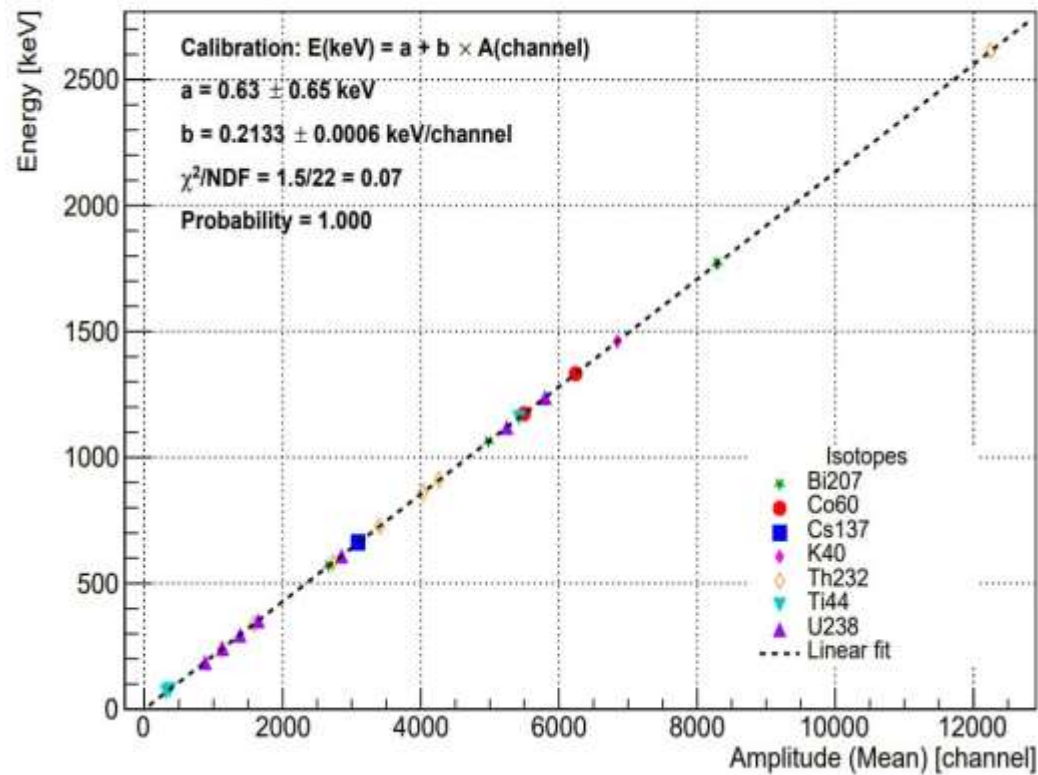


В таблице представлены следующие параметры:

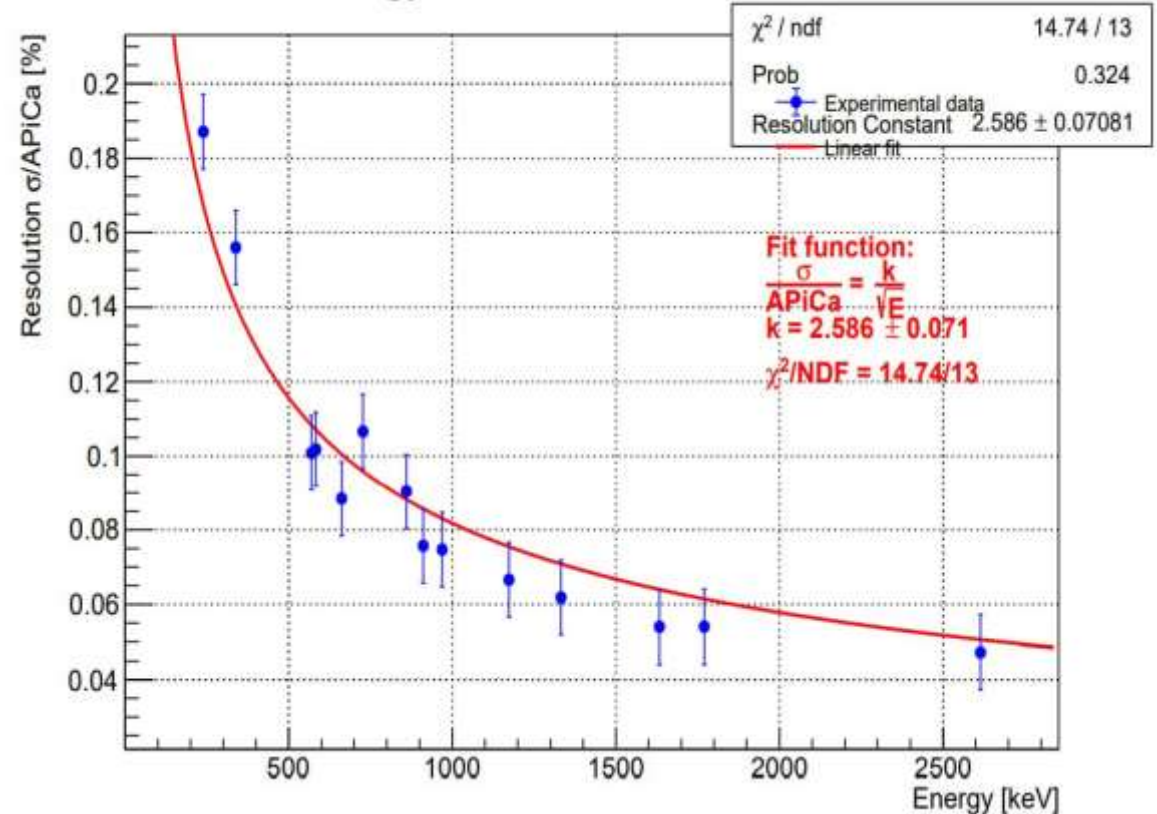
- E — энергия гамма-линии, кэВ
- Channel — среднее положение пика (номер канала)
- Channel Error — ошибка определения положения пика
- N — количество отсчётов под пиком
- t — время измерения, с
- FWHM — ширина пика на половине максимума, каналы
- σ — стандартное отклонение, каналы

Результаты калибровки детектора

Ge Detector Calibration: Energy vs Amplitude



Energy Resolution of Ge Detector



Заключение

В ходе данной работы была успешно проведена энергетическая калибровка германиевого детектора в диапазоне от 68.9 до 2614.5 кэВ с использованием набора стандартных источников.

Основные результаты:

- Определены калибровочные коэффициенты, позволяющие точно конвертировать номер канала в энергию.
- Оценено энергетическое разрешение, которое улучшается с ростом энергии, что соответствует характеристикам полупроводниковых детекторов.

Полученные калибровочные зависимости и параметры разрешения формируют надёжную основу для последующих спектрометрических исследований, в частности — для идентификации изотопов, анализа сложных спектров и проведения экспериментов в области ядерной физики и радиационной спектроскопии.

Спасибо за внимание!