

Лабораторная работа № 5.4.2

Исследование энергетического спектра β -частиц и
определение их максимальной энергии при помощи
магнитного спектрометра

Илья Прамский

Октябрь 2024

1 Теоретическая справка

Электронный β -распад:



Величина $W(p_e)$ является плотностью вероятности. Распределение электронов по энергии может быть вычислено теоретически. Для разрешенных переходов вероятность β -распада просто пропорциональна статистическому весу.

$$W(p_e)dp_e \propto p_e^2(T_m - T_e)^2 dp_e. \quad (2)$$

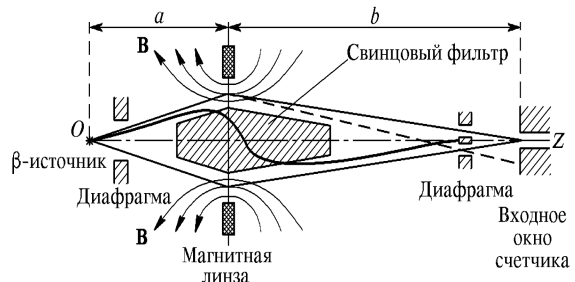
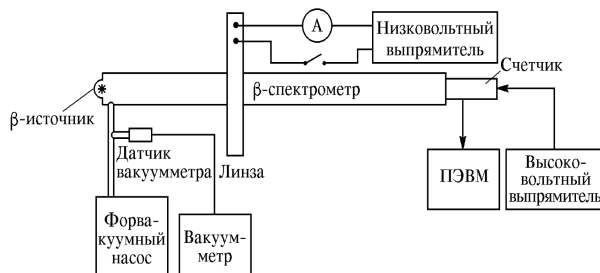
Кинетическая энергия электрона и его импульс связаны друг с другом обычной формулой:

$$T = \sqrt{(p_e c)^2 + (m_e c^2)^2} - m_e c^2$$

Выражение (2) приводит к спектру, имеющему вид широкого колокола. Кривая плавно отходит от нуля и столь же плавно, по параболе, касается оси абсцисс в области максимального импульса электронов.

2 Экспериментальная установка

Блок-схема установки для изучения β -спектров изображена на схеме слева.



Экспериментальная установка.

Энергию β -частиц определяют с помощью β -спектрометров (схема справа). импульс сфокусированных электронов пропорционален величине тока:

$$p_e = kI. \quad (3)$$

Связь между числом частиц, регистрируемых установкой, и функцией $W(p_e)$ выражается формулой:

$$N(p_e) \propto W(p_e)p_e,$$

откуда

$$\frac{\sqrt{N}}{p_e^{3/2}} \propto T_m - T \quad (4)$$

3 Ход работы

Полученные в результате эксперимента значения представлены на фото:

#	J, A	N	N-Nφ	ρ, кэВ/с	T, кэВ	mkFermi
1	0,00	1,070	0,260	0,0	0,0	0,0000
2	0,20	0,930	0,120	49,4	2,4	996,2325
3	0,40	0,850	0,040	98,8	9,5	202,9283
4	0,60	0,990	0,180	148,2	21,1	234,9028
5	0,80	1,040	0,230	197,6	36,9	172,4891
6	1,00	1,280	0,470	247,0	56,6	176,4854
7	1,20	1,929	1,119	296,5	79,8	207,2805
8	1,40	2,779	1,969	345,9	106,0	218,1641
9	1,60	2,929	2,119	395,3	135,0	185,2389
10	1,80	3,689	2,879	444,7	166,4	180,9416
11	2,00	4,099	3,289	494,1	199,8	165,1236
12	2,20	3,959	3,149	543,5	235,0	140,0470
13	2,40	4,289	3,479	592,9	271,7	129,1894
14	2,60	4,309	3,499	642,3	309,8	114,9022
15	2,80	3,839	3,029	691,7	349,0	95,6613
16	3,00	3,279	2,469	741,1	389,2	77,8785
17	3,20	2,589	1,779	790,5	430,3	60,0101
18	3,40	1,729	0,919	840,0	472,2	39,3900
19	3,60	1,190	0,380	889,4	514,7	23,2308
20	3,80	1,450	0,640	938,8	557,8	27,8038
21	3,90	3,009	2,199	963,5	579,6	49,5861
22	4,00	4,309	3,499	988,2	601,5	60,2145
23	4,05	4,848	4,038	1000,5	612,5	63,4987
24	4,10	6,688	5,878	1012,9	623,5	75,2096
25	4,20	5,668	4,858	1037,6	645,6	65,9482
26	4,30	5,198	4,388	1062,3	667,8	60,5044
27	4,35	3,599	2,789	1074,6	678,9	47,4044
28	4,40	2,509	1,699	1087,0	690,1	36,3736
29	4,60	0,640	-0,170	1136,4	735,0	0,0000
30	4,80	0,450	-0,360	1185,8	780,2	0,0000
31	5,00	0,370	-0,440	1235,2	825,7	0,0000

Графики зависимости N-Nφ от J,ρ,T:

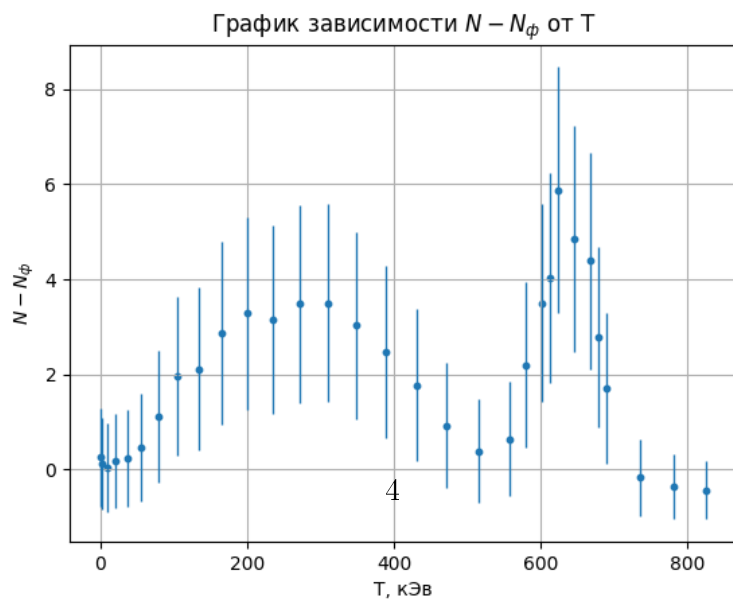
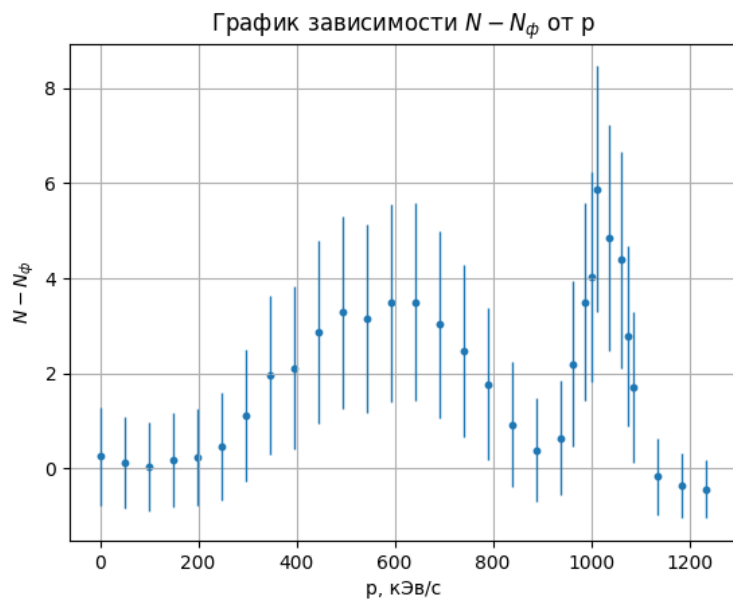
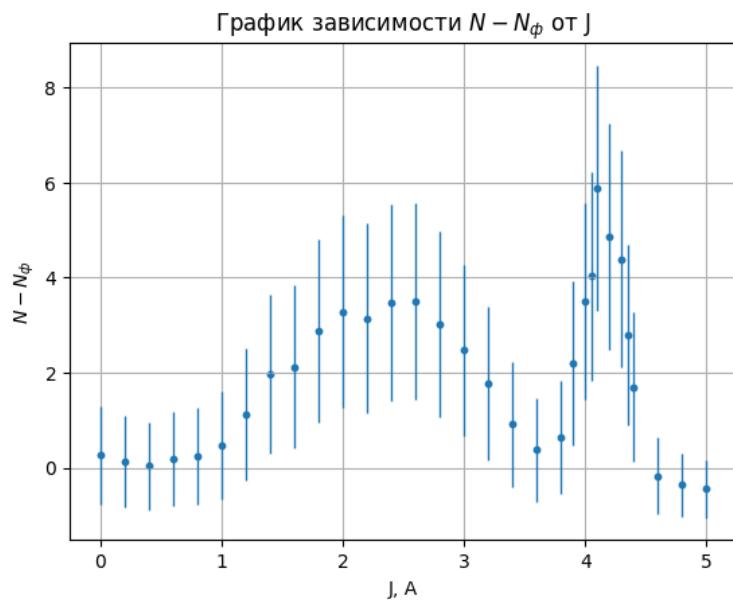
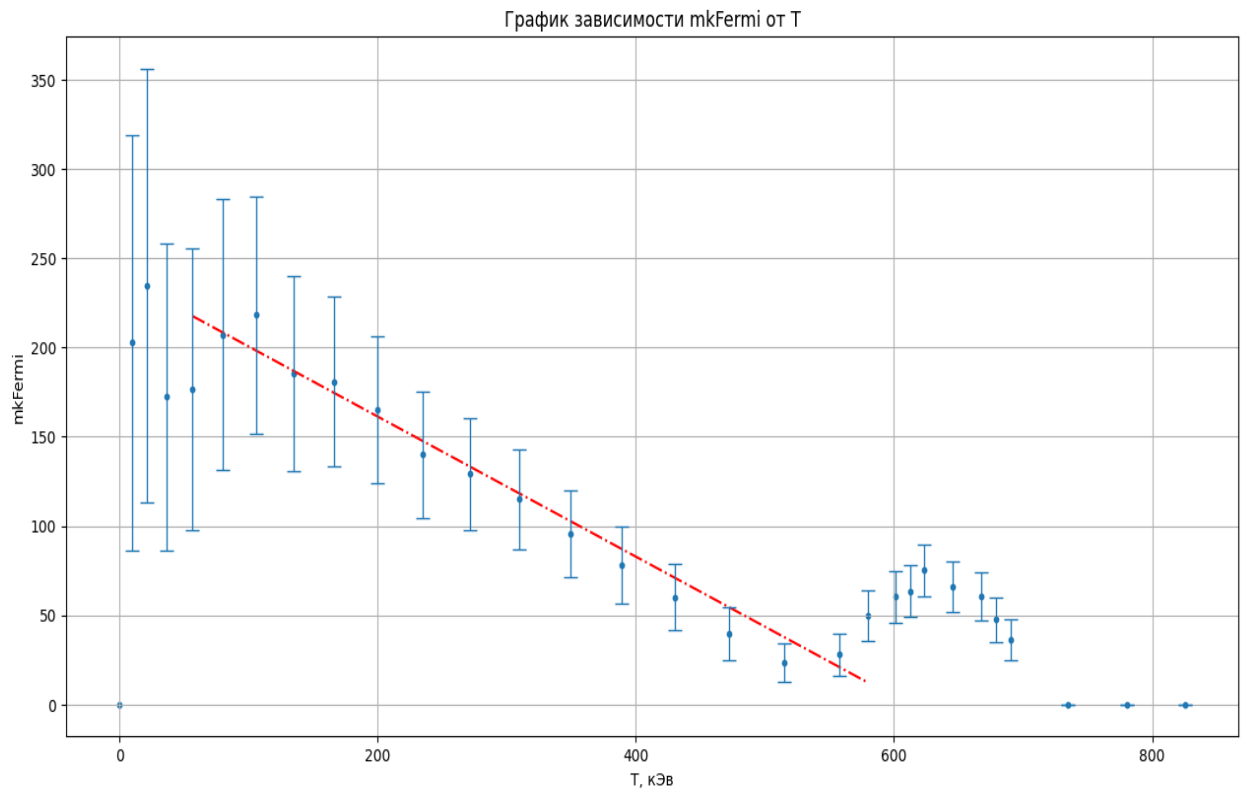


График Ферми-Кюри:



Определим по нему значение T_{max} . $k = -0,39 \pm 0,02$
 $b = 240 \pm 8$

$$T_{max} = -\frac{b}{k} = 620 \pm 40 \text{ кэВ}$$

4 Вывод

В ходе лабораторной работы с помощью магнитного спектрометра был исследован энергетический спектр β -частиц при распаде ядер ^{137}Cs . При помощи графика Ферми-Кюри была также определена максимальная энергия $T_{max} = 620 \pm 40$ кэВ вылетающих электронов при β -распаде ядра ^{137}Cs . Истинное же значение равно $T_{max} = 624$ кэВ.