

Лабораторная работа 5.6

Измерение β -спектров с помощью сцинтилляционного пластикового детектора

Карцев Вадим

7 октября 2021 г.

Цель работы: Определение граничных энергий распада различных элементов.

В работе используются: Сцинтилляционный пластиковый детектор частиц, персональный компьютер, кюветы с источниками излучения ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{36}Cl , ^{60}Co , ^{22}Na , монета.

1 Аннотация

В данной работе мы изучили спектры β -излучения Cs, Sr, Cl, Na и Co. Также мы изучили спектры γ -излучения возбужденных атомов, полученных в ходе β -распада этих элементов. По этим спектрам мы оценили граничные энергии β -распада и энергии комптоновского края.

2 Теоретическая справка

В сцинтилляционном пластиковом детекторе световые вспышки возникают за счет взаимодействия электронов с материалом детектора. Электроны могут попадать туда от внешнего β -активного источника, либо появляться непосредственно в материале детектора за счет взаимодействия γ -квантов от внешнего источника излучений. Такими процессами является фотоэффект, комптоновское рассеяние и рождение электрон-позитронных пар.

В большинстве случаев искусственные источники гамма-излучения являются бета-источниками, в которых после бета-распада образуется дочернее ядро в возбужденном состоянии. В данном случае имеем дело с бета-переходом из ^{60}Co в ядро ^{60}Ni .

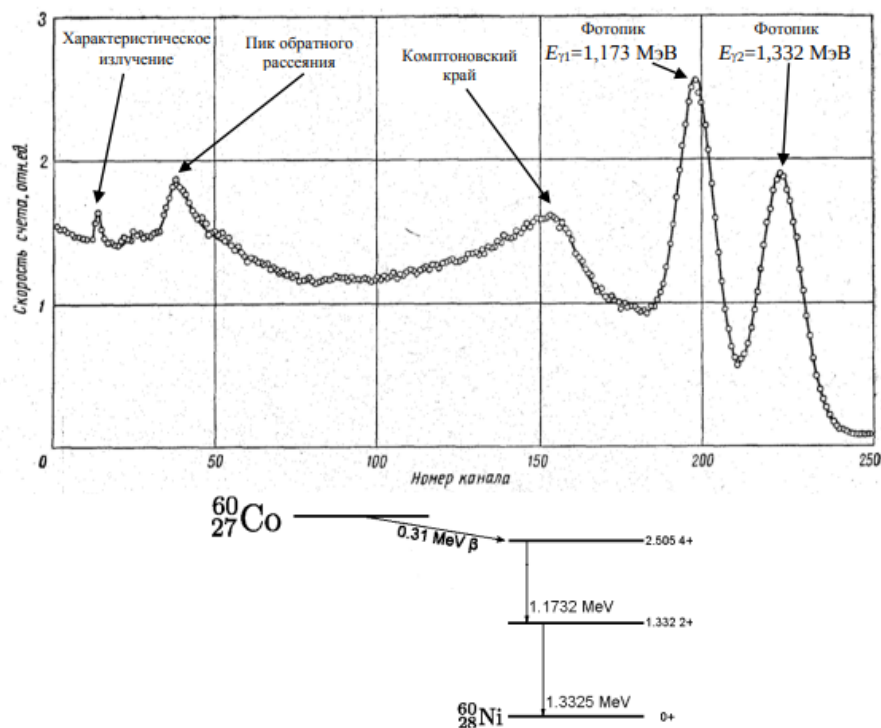


Рис 1. Гамма-спектр радиоактивного источника ^{60}Co , полученный при регистрации излучения сцинтилляционным гамма-спектрометром с кристаллом NaI(Tl) . В нижней части рисунка показана схема распада этого ядра.

Время жизни этого гамма-источника определяется периодом полураспада ^{60}Co , равного 5,2 года, а время гамма-переходов при снятии возбуждения в ядре ^{60}Ni очень мало ($\approx 10^{-10} \text{ с}$)

3 Обработка данных для ^{137}Cs

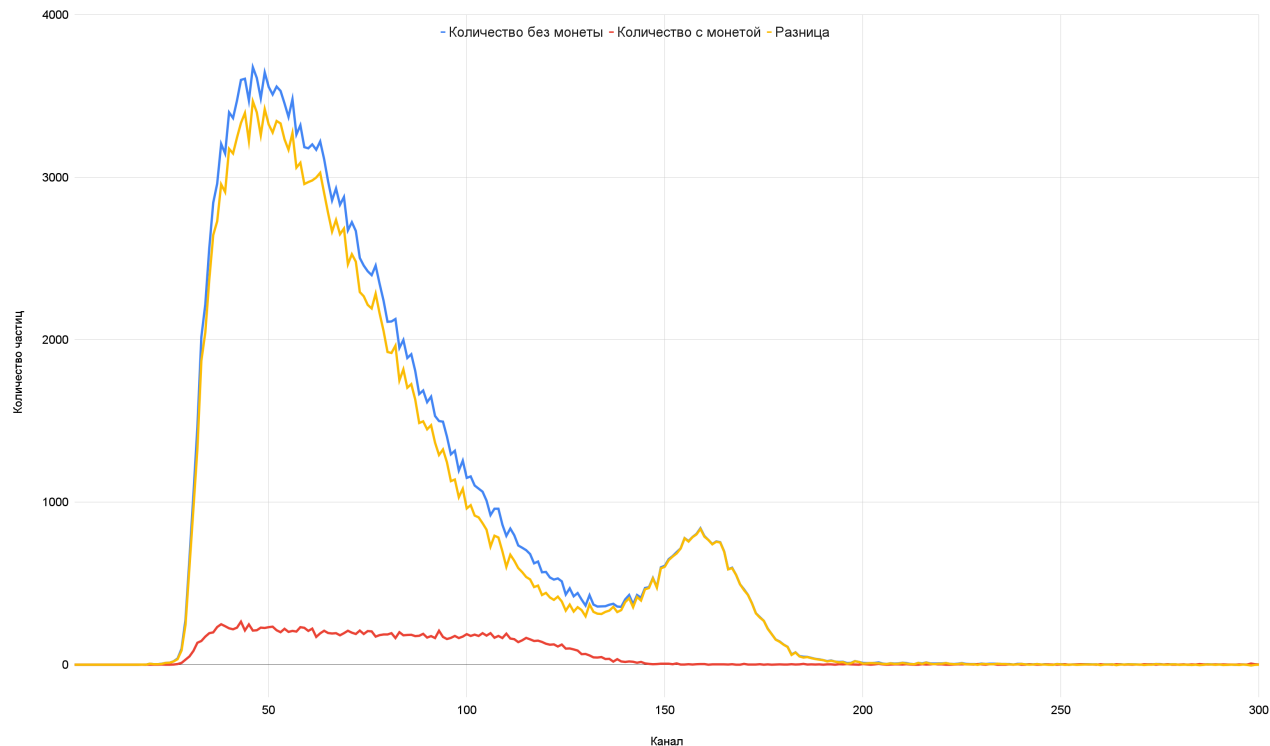


Рис 3. Спектры для цезия без монеты и с монетой, разница спектров

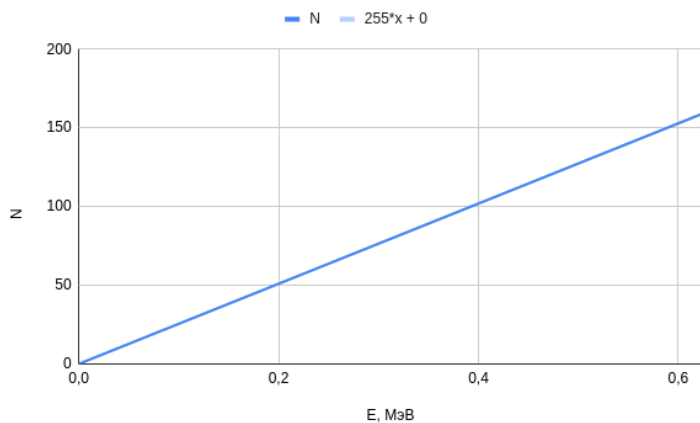


Рис 4. Калибровочный график

Виден пик, соответствующий конверсионным электронам с энергией $E_k = 0.624$ МэВ. Номер канала этого пика $N_k = 159$. Зависимость $N_i = \alpha E_i \Rightarrow$ построим калибровочный график.

Тогда зависимость номера канала от энергии электрона: $N_i = 255 \cdot E_i$.

Используя калибровочный график и спектр цезия с монетой получаем энергию края комптоновского рассеяния $E_k = 110/255 \approx 0,431$ МэВ.

Из β -спектра определим граничную энергию электронов: $E = 130/255 \approx 0,510$ МэВ.

Полученные данные совпадают с теоретическими значениями.

4 Обработка данных для ^{90}Sr

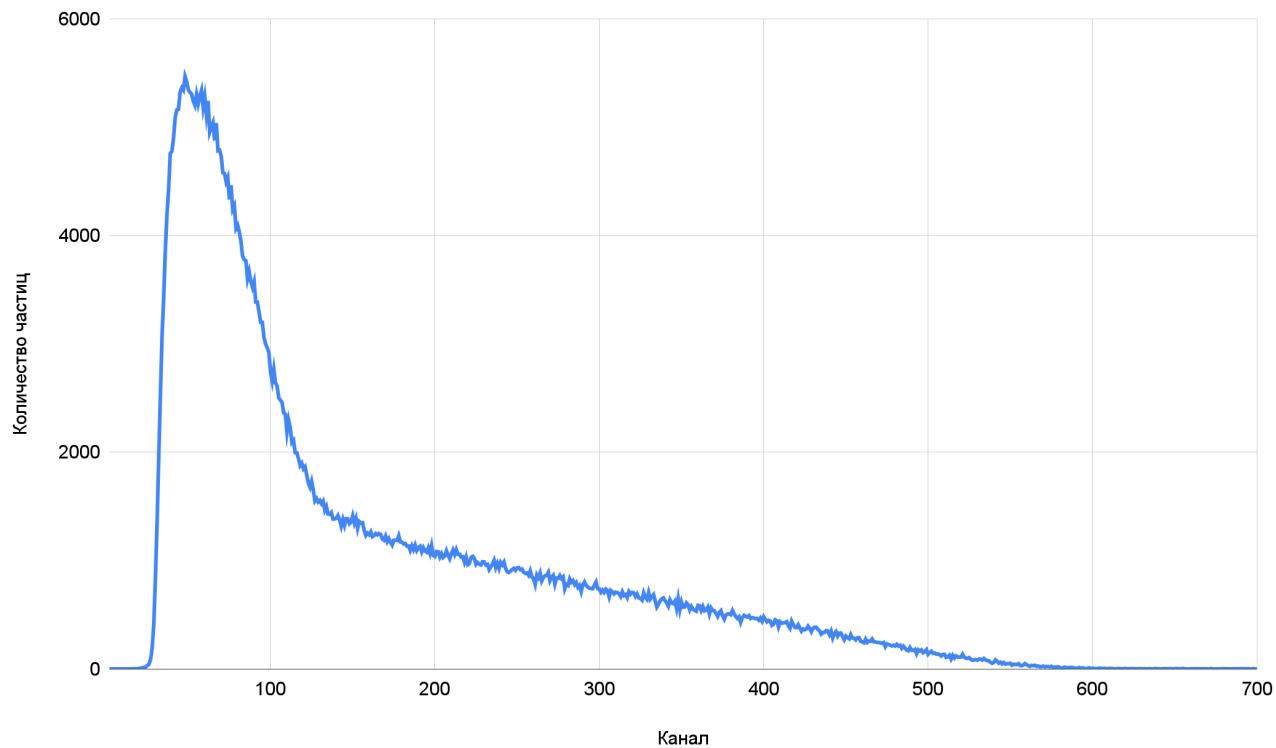


Рис 2. Спектр для стронция

Из графика определим граничные значения электронов: $E_{Sr} = 145/255 \approx 0.569\text{МэВ}$; $E_Y = 564/255 \approx 2.212\text{МэВ}$.

Теретические значения: $E_{Sr} = 0.546\text{МэВ}$; $E_Y = 2.273\text{МэВ}$.

5 Обработка данных для ^{36}Cl

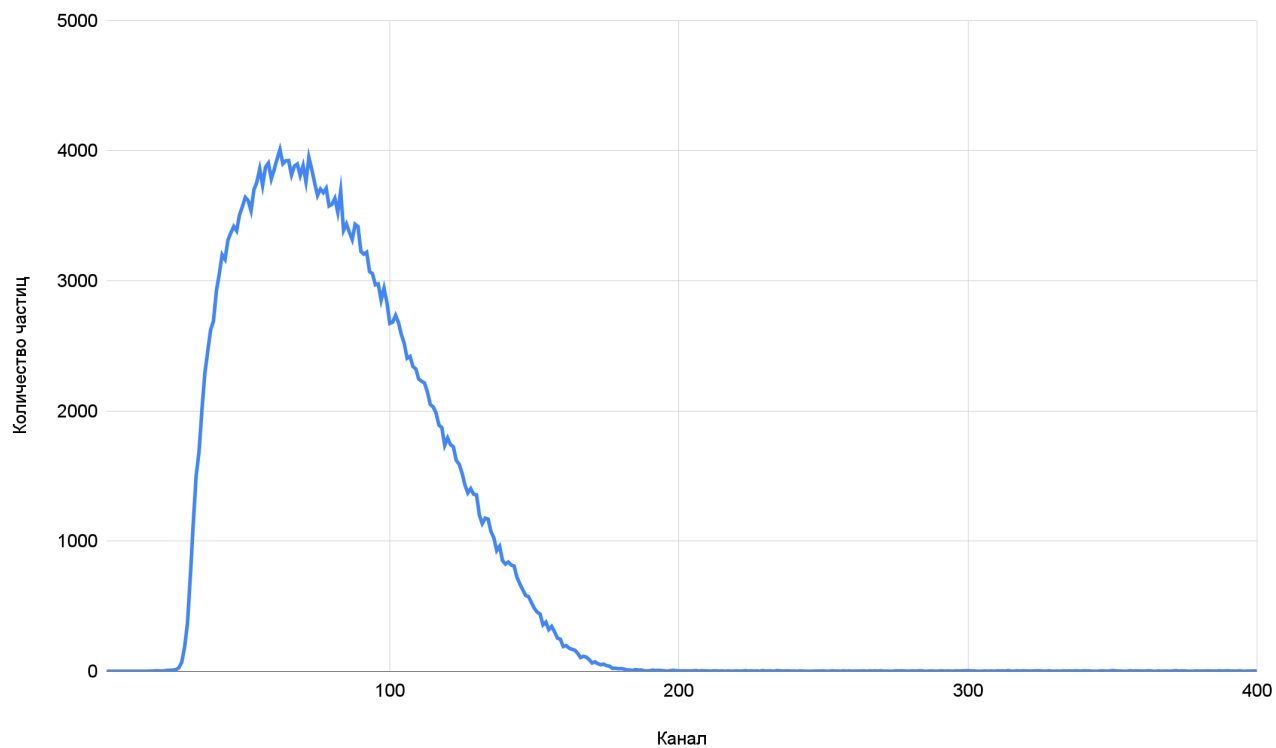


Рис 3. Спектр для хлора

Граничная энергия электронов при β -распаде: $E = 178/255 \approx 0.698\text{МэВ}$.

Теоретическое значение: $E = 0.714\text{МэВ}$.

6 Обработка данных для ^{60}Co

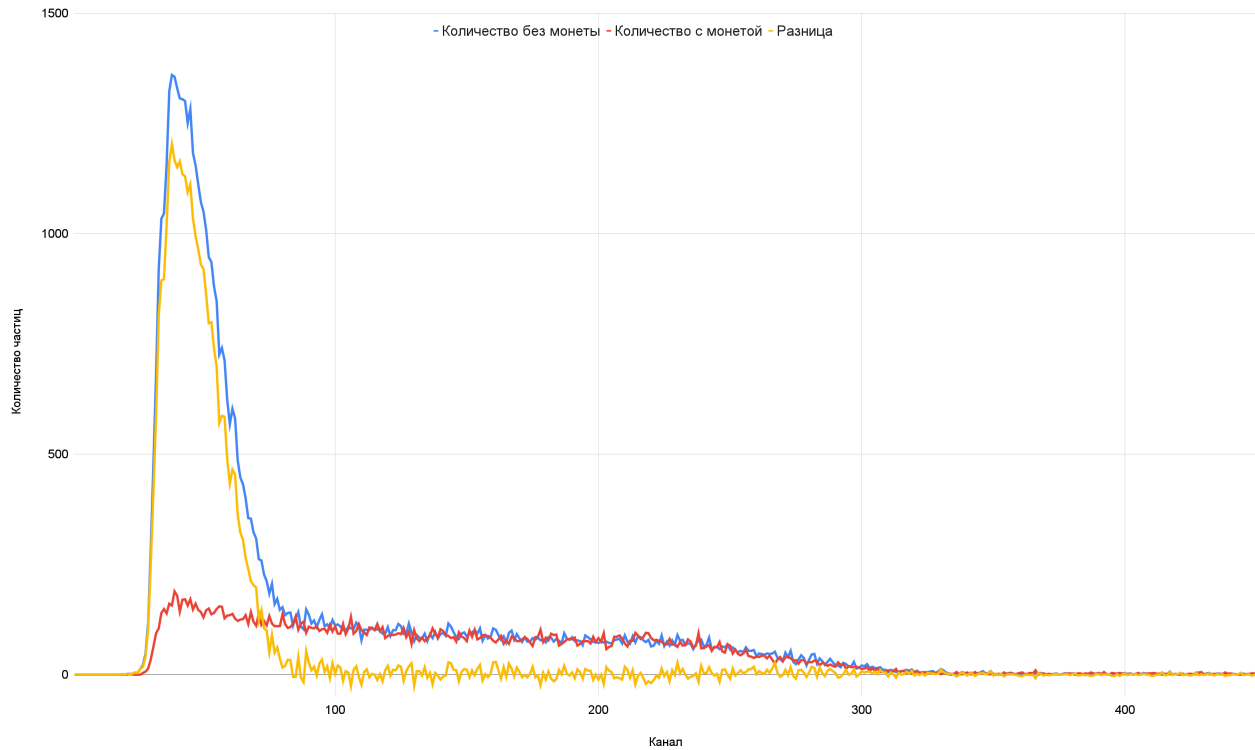


Рис 4. Спектры для кобальта без монеты и с монетой, разница спектров

Граничная энергия электронов: $E_1 = 87/255 \approx 0.341\text{МэВ}$; $E_2 = 340/255 \approx 1.333\text{МэВ}$.

Энергия края комптоновского рассеяния γ -квантов: $E_k = 258/255 \approx 1.012\text{МэВ}$.

Теоретические значения: $E_1 = 0.314\text{МэВ}$; $E_2 = 1.480\text{МэВ}$.

7 Обработка данных для ^{22}Na

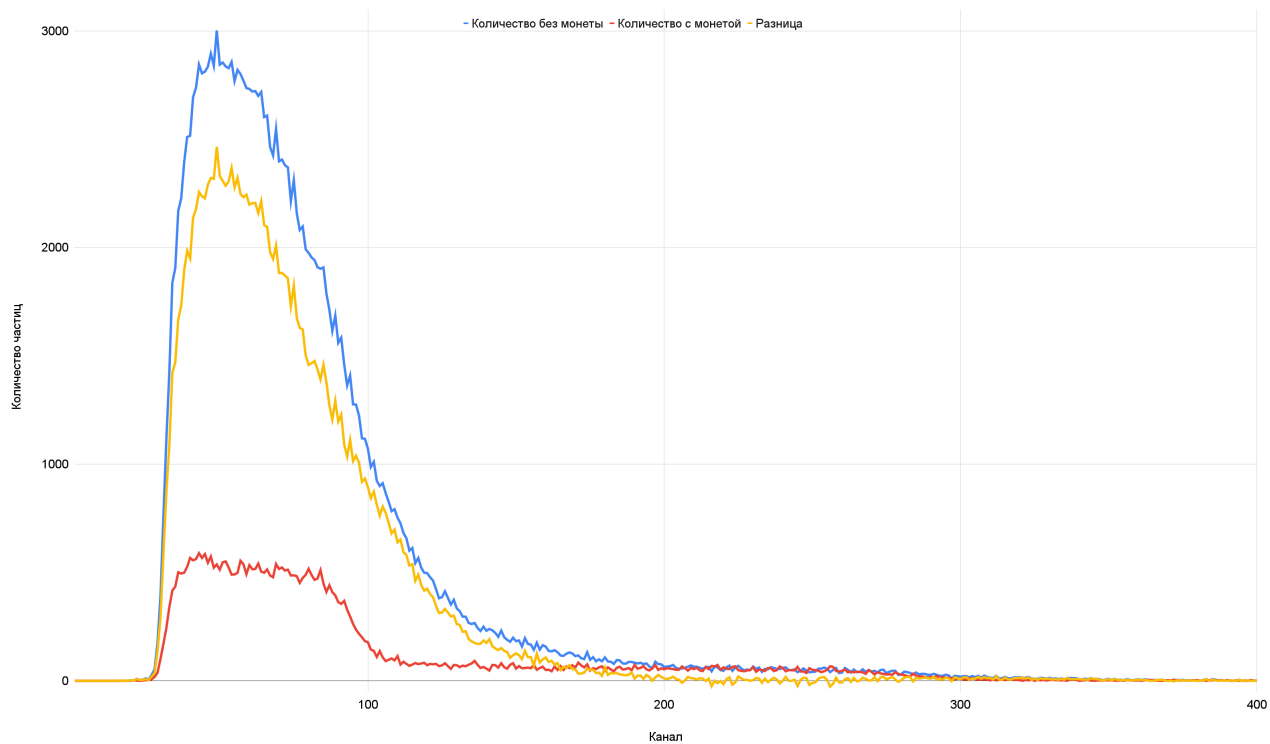


Рис 5. Спектры для натрия без монеты и с монетой, разница спектров

Граничная энергия позитронов: $E_p = 193/255 \approx 0.757\text{МэВ}$.

Энергии краев комптоновского рассеяния для γ -квантов: $E_1 = 84/255 \approx 0.329\text{МэВ}$; $E_2 = 257/255 \approx 1.008\text{МэВ}$.

Теоретические значения: $E_1 = 0.511$; $E_2 = 1.275\text{МэВ}$.

8 Вывод

В ходе выполнения работы мы получили следующие значения

Вещество	$E_{\pi 1}, \text{МэВ}$	$E_{\pi 2}, \text{МэВ}$	$E_{\kappa 1}, \text{МэВ}$	$E_{\kappa 2}, \text{МэВ}$
Cs	0,510	-	0,413	-
Sr	0,569	2,212	-	-
Cl	0,698	-	-	-
Co	0,341	1,333	1,012	-
Na	0,757	-	0,329	1,008

Они в полной мере совпадают с теоретическими значениями этих величин.