

Дополнительное описание к работе 6.1 «Эффект Мёссбауэра»

Оглавление

Описание установки.....	2
Принцип измерения и исследуемые образцы.....	2
Привод перемещения образца. Механическая часть.....	2
Привод перемещения образца. Электронная часть.....	4
Детектирование и подсчёт числа гамма-квантов.....	4
Блок питания ФЭУ.....	6
Усилитель импульсов.....	6
Анализатор амплитуды импульсов.....	6
Выполнение работы.....	8
Включение установки.....	8
Измерение спектра источника.....	8
Анализ спектра и настройка анализатора сигнала.....	8
Измерение резонансного поглощения.....	9
Предварительные настройки.....	9
Регистрация мёссбауэровского спектра.....	9
Завершение работы.....	10
Некоторые полезные опции программы.....	10

Таблица 1: Настраиваемая таблица для подбора ёмкости на панели переключателей ёмкости привода. Положения тумблеров: "+" - вверх, "-" - вниз, перечисляются положения слева направо по панели переключателей.

частота, Гц	положения тумблеров	частота, Гц	положения тумблеров
30	-++++	110	---++
40	--+++	120	---++
50	--+++	130	---++
60	--+++	140	---++
70	---++	150	---++
80	---++	160	---++
90	---++	170	---++
100	---++	180	---++

Описание установки.

Принцип измерения и исследуемые образцы.

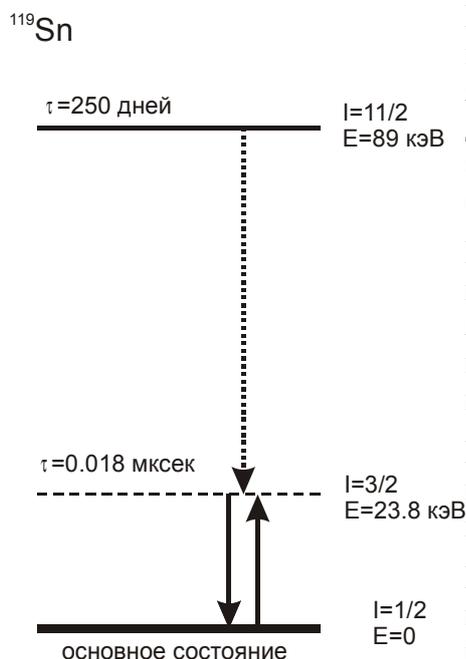


Рисунок 1: Схема переходов в ядре ^{119}Sn . Справа указаны энергии и ядерный спин ядерных уровней, слева - время жизни возбуждённого уровня. Стрелками показаны переходы с излучением или поглощением гамма-кванта.

В лабораторной работе исследуется резонансное излучение и поглощение гамма-квантов в ядрах ^{119}Sn . Источником являются ядра ^{119}Sn в долгоживущем (время жизни 250 дней) возбуждённом состоянии, находящиеся в структуре соли BaSnO_3 . Степень окисления иона олова в этом соединении Sn^{4+} .

Переход из возбуждённого состояния в основное — каскадный, при этом переходе излучаются гамма-кванты с энергиями 65.2 кэВ и 23.8 кэВ. При резонансном поглощении ядром в основном состоянии поглощается квант 23.8 кэВ.

В качестве поглотителя используются образцы металлического олова разной толщины (параметры указаны на лабораторных столах) и образец оксида SnO_2 .

В ходе измерения источник остаётся неподвижен, а образец поглотителя совершает равномерное движение с контролируемой скоростью. Доплеровский сдвиг изменяет частоту гамма-квантов в системе покоя поглотителя, что позволяет изучить зависимость поглощения в образце от энергии гамма-кванта. Детектируется интенсивность гамма-излучения, прошедшего через образец поглотителя. При совпадении энергии гамма-кванта с разницей энергий между основным состоянием и первым возбуждённым происходит резонансное поглощение гамма-квантов и интенсивность прошедшего излучения уменьшается.

Измерительная аппаратура (сцинтилятор с ФЭУ) оптимизированы под детектирование квантов с энергией 23.8 кэВ, электронная часть схемы измерения оптимизируется под обнаружение этих квантов в ходе работы.

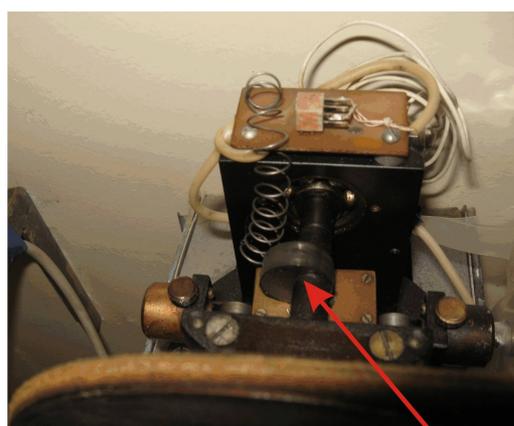
Установка компьютеризована, измерительная программа подсчитывает число квантов, определяет скорости движения поглотителя, составляет таблицу экспериментальных данных и строит черновые графики. К сожалению, сохранение данных в числовом виде невозможно, поэтому итоговые таблицы необходимо перенести (переписать или переснять) в лабораторный журнал. Рекомендуется также переснимать черновые графики.

Привод перемещения образца. Механическая часть.

Электродвигатель вращает шкив привода образца. Для преобразования вращательного движения в поступательное на шкив надет эксцентрик специальной формы при вращении которого нижняя точка эксцентрика, упирающаяся в подпружиненную платформу, движется равномерно вверх или вниз.

Регулировка скорости вращения осуществляется изменением частоты питающего двигатель

генератора. Для согласования фаз напряжения на обмотках двигателя при различных частотах необходимо подбирать согласующую ёмкость на панели под двигателем. Настраиваемая таблица (Таблица 1) приведена на первой странице этого описания.



детектор (сцинтилятор+ФЭУ)

кассета с образцами поглотителя

вращающаяся часть кассеты с образцами

свинцовая заглушка

эксцентрик

Рисунок 2: Механические элементы привода образца.

Кассета с образцами находится под защитным экраном, экран приподнимается за нижнюю часть. Номер образца показывается в окне кассеты, для переключения образцов аккуратно вращается (в любом направлении) нижняя рифлёная часть кассеты.

Внимание: Переключение между образцами производится при остановленном двигателе.

Привод перемещения образца. Электронная часть.

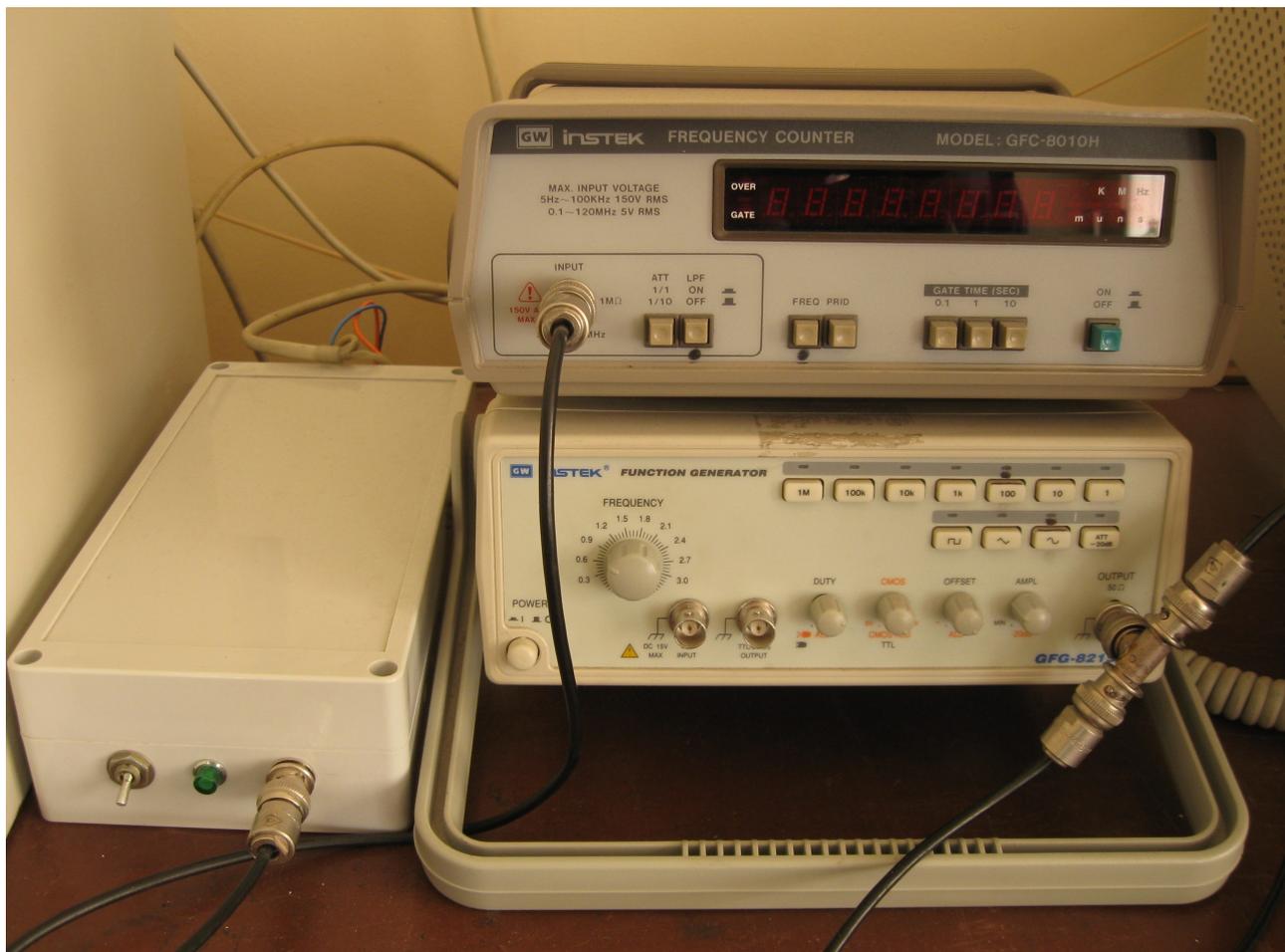


Рисунок 3: Электронная часть привода перемещения образца. Справа - усилитель, слева сверху - частотомер, слева снизу - задающий генератор. На некоторых столах блок усилителя находится в глубине стола.

Для контроля скорости перемещения образца изменяется частота питающего двигатель напряжения. Частота задаётся функциональным генератором INSTEK, используется синусоидальное напряжение с частотой ниже 150-200 Гц. Частота измеряется частотомером, для подачи на двигатель достаточной мощности используется усилитель. Для включения и выключения вращения двигателя по ходу работы удобно использовать регулировку выходного напряжения генератора (ручка «AMPL»): в рабочем режиме переводить её в крайнее правое положение (max), а для остановки — в крайнее левое положение (min).

Внимание: При включении необходимо переключить генератор в режим «100» (частота 30-300 Гц) по частоте и в режим синусоидальной формы выходного сигнала. Соответствующие клавиши дополнительно помечены чёрными точками на панели генератора.

Детектирование и подсчёт числа гамма-квантов.

Для детектирования гамма квантов используется сцинтиляционный счётчик с ФЭУ. Детектор находится в нижней части установки, под защитным экраном (см. Рисунок 2). При измерении фона и в выключенном состоянии окно детектора закрывается свинцовой заглушкой. Для доступа к заглушке приподнимается защитный экран (см. Рисунок 2).



Рисунок 4: Электронная часть схемы детектирования. Не показан блок питания крейта КАМАК. На некоторых столах две соседние установки имеют общий блок питания. Порядок следования блоков может отличаться на разных установках.

Напомним принцип детектирования гамма-кванта: гамма-квант в сцинтилляторе передаёт свою энергию электронам, переводя их из валентной зоны в зону проводимости. При

рекомбинации электроны избавляются от излишка энергии излучением квантов видимого диапазона, которые преобразуются в импульс тока при помощи ФЭУ. Таким образом, на выходе ФЭУ имеется импульс тока, амплитуда которого пропорциональна энергии гамма-кванта. При анализе нам необходимо не только подсчитывать число гамма-квантов, попадающих на детектор, но и быть уверенными, что эти гамма-кванты соответствуют энергии 23.8кэВ нашего источника — то есть необходимо дополнительно проводить отбор событий по амплитуде пиков на выходе детектора.

Схема питания детектора и анализа амплитуды пиков реализована на базе крейтовой системы КАМАК. Подсчёт отфильтрованных по амплитуде импульсов синхронизованно с движением образца осуществляется компьютером.

Крейтовая система — это один из способов организации электронных компонент экспериментальной установки, при котором вместо отдельных приборов (генераторов, осциллографов, вольтметров итд.) используется одно общее шасси с блоком питания, обеспечивающим подачу некоторых стандартных напряжений на стандартизованные разъёмы, а сами приборы исполняются не в отдельных корпусах, а в виде «плат», вставляемых в эти разъёмы.

В используемой установке имеется три таких «платы»: блок высоковольтного питания для ФЭУ, усилитель импульсов (Active filter amplifier) и анализатор амплитуды импульсов (Single channel analyzer). Общее питание для всех блоков включается кнопкой или тумблером питания в нижней части крейта КАМАК.

Блок питания ФЭУ.

Включение блока питания осуществляется кнопкой «Вкл.». После включения необходимо убедиться, что вольтметр на панели блока показывает напряжение, соответствующее напряжению, указанному на блоке (эти напряжения могут различаться на разных установках). При отличии напряжения от указанного — провести регулировку ручками «грубо» и «точно».

Усилитель импульсов.

При нормальной работе установки регулировки этого блока не меняются. Его роль — преобразовать импульсы от детектора в импульсы, амплитуда которых для интересующих нас энергий гамма квантов находится в интервале от 0 до 10 вольт.

Перед началом работы проконтролируйте, что настройка коэффициента усиления, указанного на блоке (эти коэффициенты разные для разных установок, они зависят от индивидуальных характеристик детектора) соответствует положению ручки плавной регулировки и нажатой кнопки множителя. Кнопки, которые должны быть в нажатом положении также отмечены на панели прибора.

Анализатор амплитуды импульсов.

Анализатор амплитуды получает на вход импульсы с усилителя, а на выход пропускает только импульсы, амплитуда которых лежит в заданном интервале. В работе используется два режима работы анализатора: режим с фиксированным окном пропускания и режим с независимыми верхним и нижним пределами пропускания.

Режим с фиксированным окном пропускания включается нажатием кнопки WINDOW. В этом режиме пропускаются импульсы амплитуда которых не меньше некоторого порога и не превышает этот порог более чем на заданную ширину окна. Верхний потенциометр (UL) в этом режиме задаёт размер окна (полная шкала потенциометра равна 10 единицам, максимальная ширина окна равна 2 В), а нижний потенциометр (LL=Lower Level) задаёт уровень, от которого окно отсчитывается (полная шкала также 10 единиц, максимальное напряжение 10 В). Например, при LL=5 и UL=5 на выход пройдут импульсы амплитудой от 5В (значение LL) до 6 В (окно равно $2В \times 5/10 = 1В$).

Режим с независимыми порогами включается нажатием кнопки INDEPENDENT. В этом режиме пропускаются импульсы амплитудой от нижнего значения, задаваемого потенциометром LL (Lower Level), до верхнего значения, задаваемого потенциометром UL (Upper Level). Максимальные напряжения равны в этом режиме 10В для обоих потенциометров. Например, при LL=5 и UL=8 на выход будут пропускаться импульсы амплитудой от 5 до 8 вольт.

Внимание: в режиме с независимыми порогами значение нижнего порога (LL) должно быть меньше значения верхнего порога (UL).

Выполнение работы.

Включение установки.

1. Включите питание крейта КАМАК, питание ФЭУ, питание генератора, частотомера и усилителя, питание компьютера.
2. Проверьте и по необходимости подстройте величину высокого напряжения на ФЭУ и настройки усилителя импульсов.
3. Переключите генератор сигналов INSTЕК в диапазон 30-300Гц и в режим выходного синусоидального напряжения. Выведите выходное напряжение генератора до минимума для остановки двигателя.
4. Дождитесь возникновения на экране компьютера главного меню программы.

Измерение спектра источника.

Цель этого этапа работы — подобрать настройки анализатора импульсов так, чтобы детектировались только гамма-кванты с энергией 23.8 кэВ, исходящие от источника ^{119}Sn .

1. Выберите в меню программы режим «Измерение спектра источника».
2. В появившемся меню установите время накопления данных 5 секунд и выберите режим «Начать эксперимент».
3. Переведите анализатор импульсов в режим измерения с фиксированным окном (кнопка WINDOW) и установите ширину окна 0.5В.
4. Снимите свинцовую заслонку с ФЭУ.
5. Выберите в таблице строку «1» и нажмите «enter» для начала первого измерения. При появлении подсказок следуйте им, для закрытия окна с подсказкой жмите «Enter».
6. Следуя подсказке на экране, установите нижний установленное значение нижнего порога и проведите измерение.
7. По окончании первого измерения переведите курсор в таблице на строку «2». В последующих измерениях этот переход будет выполняться автоматически.
8. Повторяйте измерения, следуя подсказкам на экране, пока не пройдёте весь диапазон от 0 до 9.5В.

Анализ спектра и настройка анализатора сигнала.

Цель этого этапа работы — подобрать настройки анализатора импульсов так, чтобы детектировались только гамма-кванты с энергией 23.8 кэВ, исходящие от источника ^{119}Sn .

1. Измеренный спектр при правильных настройках усилителя имеет вид с колоколообразным максимумом на правых 2/3 спектра и с фоновым сигналом на низких напряжениях. Колоколообразный максимум представляет собой аппаратно уширенную линию гамма-квантов с энергией 23.8 кэВ. Нажатием клавиш «+» и «-» отрегулируйте масштаб графика, чтобы колоколообразная часть спектра была видна хорошо. Переснимите спектр для лабораторного журнала.
2. Если колоколообразный максимум не виден, либо он сильно смещён от середины измеренного спектра — проверьте не сбиты ли настройки усилителя, не нарушен ли какой-то из пунктов проведения измерений. При обнаружении причины повторите

измерения. Если причина не выявилась — проконсультируйтесь с преподавателем.

3. Переведите анализатор импульсов в режим с независимыми порогами (кнопка INDEPENDENT) и установите значения порогов такими, чтобы колоколообразный максимум оказался внутри выбранного интервала. Значения порогов зафиксируйте в журнале.
4. Нажмите Esc чтобы вернуться в основное меню программы.

По окончании этого этапа электронная схема нашей установки настроена так, что подсчитываются только гамма-кванты с энергиями, соответствующими используемому источнику.

Измерение резонансного поглощения

Необходимо измерить резонансное поглощение для четырёх образцов. Рекомендуется исследовать образцы в следующей последовательности: образец №1 (металлическое олово минимальной толщины), образец №4 (SnO_2), затем образцы №2 и №3 (металлическое олово другой толщины). Параметры образцов указаны на столах. Переключение образца производится при неподвижном приводе.

Предварительные настройки.

1. Выберите в главном меню раздел «Измерение спектров поглощения», выберите один из свободных пунктов для проведения нового измерения либо один из существующих (для дополнительных измерений либо просмотра данных).
2. Установите в кассете один из образцов. Внимание: переключение образца производится при неподвижном приводе.
3. В пункте меню «Введите описание эксперимента» введите номер образца и, по желанию, нужные комментарии.
4. В появившемся меню «Резонансное поглощение» установите ход поглотителя (этот параметр указан на защитном экране либо на лабораторном столе) и время измерения. Рекомендуемое время измерения от 10 до 30 секунд¹.
5. Измерьте фон. Для этого в меню выберите раздел «Фон» и следуйте подсказкам. Измерение производится при закрытом свинцовой заглушкой окне ФЭУ и необходимо для учёта случайных срабатываний детектора. Вычитание фона в дальнейшем производится компьютером автоматически. Для измерения фона установите время накопления 20 секунд. После окончания измерения фона зафиксируйте измеренное значение в лабораторном журнале.

Регистрация мёссбауэровского спектра

1. В меню «Резонансное поглощение» выберите раздел «Начать эксперимент».
2. Для остановки двигателя выводите регулировку амплитуды генератора INSTЕК в крайнее левое положение, в измерениях с движущимся поглотителем — в крайнее правое.
3. Для проведения первого измерения выберите первую строку таблицы и нажмите

¹ Оптимальное время измерения зависит от интенсивности источника, которая заметно меняется со временем (время жизни ядра в возбуждённом состоянии 250 дней). Можно начать измерения со временем 10 секунд, а если измеряемые линии поглощения окажутся подвержены сильному статистическому шуму увеличить время накопления.

«Enter».

4. После измерения с нулевой скоростью переведите курсор на вторую строку таблицы, в дальнейшем перевод будет осуществляться автоматически.
5. Проведите серию измерений при разных скоростях движения поглотителя, чтобы получить достаточно подробную² запись линии поглощения. Скорость движения поглотителя определяется автоматически по заданной длине хода поглотителя и по измеряемому времени движения вверх или вниз. Скорость регулируется частотой генератора INSTЕК. Рекомендуется начать с частоты около 150Гц и уменьшать частоту с шагом около 10Гц для первых измерений, а затем провести необходимое число измерений вблизи минимума поглощения, подбирая частоту. Для облегчения подбора частоты рекомендуется фиксировать в лабораторном журнале частоту на которой проводились соответствующие измерения. Минимальная частота, на которой можно проводить измерения составляет около 15-20 Гц (при меньших частотах двигатель вращается слишком медленно либо вовсе не вращается).
6. По техническим причинам измерение с нулевой скоростью обрабатывается некорректно. Это измерение нужно исключать из дальнейшего анализа, можно удалить эту строку таблицы (Del) после появления следующих строк.
7. Итоговая таблица формируется автоматически. При накоплении достаточного количества данных зафиксируйте таблицу результатов (перепишите или переснимите её).
8. По завершении измерений с выбранным поглотителем нажмите Esc и повторите аналогичные измерения для другого образца.

Завершение работы.

1. Убедитесь, что результаты зафиксированы в журнале либо пересняты. Покажите преподавателю результаты на экране компьютера.
2. Выключите питание ФЭУ, питание крейта КАМАК, питание электронного оборудования. Выйдите в главное меню программы нажатием Esc и выключите питание компьютера.

Некоторые полезные опции программы.

1. К уже сделанным измерениям всегда можно вернуться (для проведения дополнительных измерений либо для просмотра таблицы). Для этого в меню с перечнем экспериментов выберите уже существующий эксперимент и выберите «Начать эксперимент».
2. При перемещении курсора в списке измерений с разными скоростями, пара точек, соответствующая выделенному измерению, подсвечивается синим.
3. В меню с перечнем экспериментов можно визуализировать одновременно несколько графиков. Для этого выбирайте желаемые графики перемещением курсора и нажатием клавиш 1-6 выберите цвет для выбранного графика.

² При анализе линии поглощения будет необходимо определить её положение (положение минимума) и ширину. Измеренные точки должны позволять сделать это с разумной точностью.