

# Рентгеновская спектроскопия - калибровка энергитического детектера



Физика

Современная физика

Природа рентгеновского излучение и его применение



Уровень сложности

твёрдый



Размер группы

2



Время подготовки

45+ Минут



Время выполнения

45+ Минут

**PHYWE**  
excellence in science

# Общая информация

## Описание

**PHYWE**  
excellence in science

Экспериментальная установка

Большинство применений рентгеновских лучей основано на их способности проходить сквозь вещество. Поскольку эта способность зависит от плотности вещества, становится возможным получение изображений внутренних частей объектов и даже людей. Это находит широкое применение в таких областях, как медицина или безопасность.

## Дополнительная информация (1/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Предварительные

знания



### Принцип



Предварительные знания, необходимые для этого эксперимента, приведены в разделе "Теория".

Различные образцы металлов подвергаются полихроматическому рентгеновскому излучению. Получающееся флуоресцентное излучение анализируется с помощью полупроводникового детектора и многоканального анализатора. Определены максимумы интенсивности соответствующих характеристических рентгеновских линий. Заранее определенные значения энергии характеристических линий и каналов многоканального анализатора, которые должны быть назначены, в свою очередь, приводят к калибровке полупроводникового детектора энергии.

## Дополнительная информация (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science



### Обучение

цель



### Задачи

Цель этого эксперимента - исследовать спектры флуоресцентного излучения.

- Запишите спектры флуоресцентного излучения, создаваемого металлическими образцами.
- Определите номера каналов максимумов интенсивности характеристических линий соответствующего флуоресцентного излучения
- Представьте в виде графика заранее определенные энергии линий в зависимости от номеров каналов для двух различных коэффициентов усиления многоканального анализатора.

## Теория

Анализ энергий рентгеновских лучей с помощью полупроводниковых детекторов кратко описан на примере *Si*-pin-детектора (*p*-контакт - собственный - *n*-контакт). Падающие рентгеновские кванты с достаточным уровнем энергии создают свободные электроны в кристалле *Si* за счет фотоэлектрического эффекта. Кинетическая энергия этих электронов коррелирует с энергией рентгеновских квантов. Помимо фоновонного возбуждения, электроны через обедненный слой полупроводника создают на своем пути электронно-дырочные пары. Количество этих электронно-дырочных пар является мерой энергии падающего кванта. Дырки и электроны отводятся приложенным извне напряжением и, таким образом, создают импульс заряда. Величина импульса заряда также является мерой энергии падающего рентгеновского кванта.

Результирующий спектр амплитуды импульсов затем анализируется многоканальным анализатором, в котором разным каналам присваиваются различные высоты импульса. Импульсы одного и того же уровня напряжения будут суммироваться в том же канале.

На последнем этапе значение энергии должно быть присвоено высоте импульса (= номеру канала).

## Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	<a href="#">XR 4.0 X-ray Базовая рентгеновская установка, 35 кВ</a>	09057-99	1
2	<a href="#">XR 4.0 X-ray Гониометр для рентгеновской установки, 35 кВ</a>	09057-10	1
3	<a href="#">XR4 Съёмная рентгеновская трубка Plug-in Cu tube</a>	09057-51	1
4	<a href="#">XR 4.0 X-ray Рентгеновский анализ материалов, расширение</a>	09165-88	1

**PHYWE**  
excellence in science



# Подготовка и выполнение работы

## Подготовка

**PHYWE**  
excellence in science

- Навинтите переходное кольцо на входную трубку детектора энергии и подключите сигнальный и питающий кабели к соответствующим портам детектора с помощью угловых штекеров.
- Подключите сигнальный и питающий кабели к соответствующим портам в экспериментальной камере рентгеновской установки. На рис.1 порт для сигнального кабеля обозначен красным цветом, а порт для кабеля питания - зеленым. Подключите внешние порты X RED рентгеновской установки (см. рис. 2) к многоканальному анализатору (МСА). Подключите сигнальный кабель к порту "Вход", а питающий кабель - к порту "Детектор энергии рентгеновского излучения" МСА.
- Закрепите детектор энергии в держателе поворотного кронштейна гониометра. Проложите два кабеля достаточной длины, чтобы гониометр мог свободно поворачиваться во всем диапазоне. Подключите многоканальный анализатор и компьютер с помощью USB-кабеля.

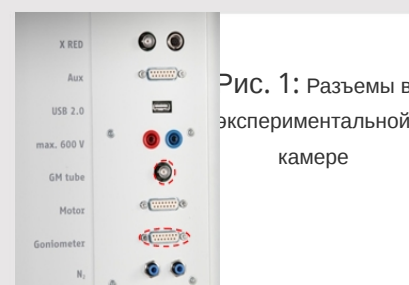


Рис. 1: Разъемы в экспериментальной камере



Рис. 2: Подключение многоканального анализатора

## Выполнение работы (1/2)

- Вставьте диафрагму с отверстием 2 мм.
- Переместите блок гониометра и детектор в соответствующие крайние положения слева. Приведите детектор в положение  $90^\circ$  в режиме сопряжения 1:2 (рис. 3).
- Вставьте образец с помощью универсального держателя кристаллов (образец находится под углом  $45^\circ$ ).
- Рабочие характеристики медной рентгеновской трубки: Выберите анодное напряжение  $U_A = 35$  кВ и анодный ток таким образом, чтобы скорость счета для каждого из образцов составляла  $\leq 300$  имп/с (выберите максимальный анодный ток для образца и серебра).

Подтвердите эти значения нажатием кнопки Enter.



Рис. 3: Установка гониометра

## Выполнение работы (2/2)

- Заблокируйте дверку рентгеновской установки.
- В программе `measure` выберите "Многоканальный анализатор" в разделе "Датчик". Затем выберите "Запись спектров". Установите "XData = номер канала» и "Ширина интервала [каналы] = 1 канал». Установите смещение так, чтобы подавлялись сигналы с низким уровнем шума (обычно достаточно 5%).
- Усиление = 2 (выберите уровень усиления 4 для второй серии измерений).
- Время измерения: 3 минуты (5 минут для образца *Ag*). Используйте для этого таймер рентгеновской установки.



# Оценка

## Задание 1

Запишите спектры флуоресцентного излучения, создаваемого металлическими образцами.

В качестве примера измерений с уровнем усиления 4 многоканального анализатора на рисунке 4 показан спектр флуоресценции образца меди.

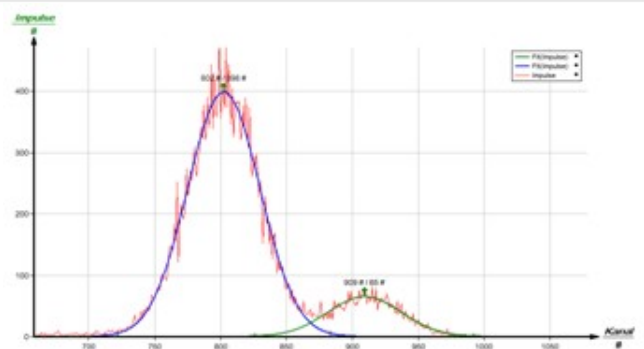


Рис. 4: Линии флуоресценции меди с подобранным нормальным распределением, уровень усиления 4.



## Задание 2

A	B	C	D	E
Элемент	Линия	E [кэВ]	Уровень усиления 2 Номер канала	Уровень усиления 4 Номер канала
Fe	$K_{\alpha}$	6.40	596	1402
Fe	$K_{\beta_1}$	7.06	680	1564
Ni	$K_{\alpha}$	7.47	731	1671
Cu	$K_{\alpha}$	8.04	802	1813
Ni	$K_{\beta_1}$	8.26	828	1857
Zn	$K_{\alpha}$	8.63	877	1973
Cu	$K_{\beta_1}$	8.90	909	2027
Zn	$K_{\beta}$	9.57	995	2208
Ag	$K_{\alpha}$	22.08	2595	
Ag	$K_{\beta_1}$	24.94	2958	

Определите номера каналов максимумов интенсивности характеристических линий соответствующего флуоресцентного излучения.

В таблице приведены результаты различных спектров для двух разных уровней усиления анализатора. Значения, указанные для  $K_{\alpha}$  линии являются средними значениями энергии  $K_{\alpha_1}$  и  $K_{\alpha_2}$  линий.

Поскольку рентгеновская установка может подавать излучение только с максимальной энергией 35 кэВ, анализ с уровнем усиления 1 многоканального анализатора в этом случае бесполезен.

## Задание 3

Представьте в виде графика заранее определенные энергии линий в зависимости от номеров каналов для двух различных коэффициентов усиления многоканального анализатора.

Табличные значения энергии линий флуоресценции показаны на рисунке 5 (уровень усиления 4) и рисунке 6 (уровень усиления 2) в зависимости от соответствующих номеров каналов, которые были определены в ходе эксперимента. В своей математической форме добавленные линии регрессии помогают точно определить уровень энергии неизвестного излучения на основе соответствующего номера канала.

Рис. 5:  
Уровень  
усиления  
4

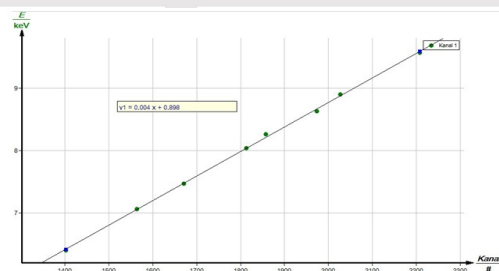





Рис. 6:  
Уровень  
усиления 2



## Примечание


 PHYWE  
 excellence in science

- Чтобы определить положение линии, переключитесь с полосы на отображение кривой. Для этого нажмите "Параметры отображения", а затем "Интерполяция и прямые линии". На рис. 7а показан результат, относящийся к спектру образца цинка.
- Увеличьте соответствующий отрезок линии с помощью функции масштабирования.  Затем выберите различные участки кривой с помощью 
- Откройте окно "Подгонка функции". 
- Затем выберите "Масштабированное нормальное распределение" (см. Рис. 7b).

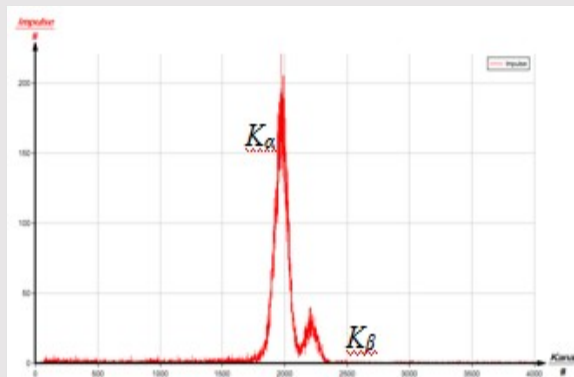




Рис. 7а: Спектр флуоресценции цинка, уровень усиления 2

## Примечание (часть 2)


 PHYWE  
 excellence in science

- Скройте исходную кривую измерения и повторно выберите участки нормального распределения. Найдите центр тяжести линий нормального распределения с помощью "Анализ пиков"  (см. рис. 7в) или определите их с помощью функции "Обзор". 

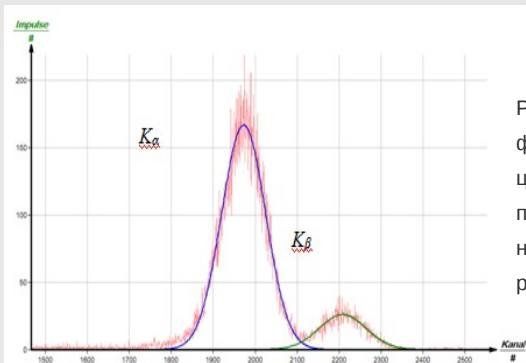


Рис. 7б: Линии флуоресценции цинка с подогнанным нормальным распределением

Рис. 7с: Нормальное распределение линий флуоресценции цинка для определения положения их каналов (исходная кривая измерения не показана)

