



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

В.В. Новиков

(подпись)

« 30 » августа 20 22 г.

### Рабочая программа дисциплины

Спектральные методы анализа материалов

Уровень высшего образования:	Магистратура
Квалификация выпускника:	Магистр
Направление подготовки:	03.04.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Физика функциональных материалов и наноматериалов

Иваново



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «Спектральные методы анализа материалов» являются изучение теоретических основ о спектрального анализа, возможностей и особенностей различных методов рентгеновской и оптической спектроскопии, их аппаратного обеспечения, а также осуществление практической подготовки обучающихся посредством выполнения определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы, то есть приобретение практических навыков анализа вещества методами спектрального анализа.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений Б1.В.05 Предлагаемая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС 3+ 03.04.02 Физика. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Физика атома и атомного ядра», «Квантовая теория», «Физика конденсированного состояния вещества», «Физическая кристаллография», «Физические свойства кристаллов», «Оптическая спектроскопия», «Дифракционный анализ»

Для освоения данной дисциплины студент должен:

Знать: основы курсов общей и теоретической физики, строение твердых и жидких тел, основы общей химии (строение атома, типы химических связей), возможности методов спектрального анализа.

Уметь: пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и принципами физики.

Иметь навыки работы: с математическим аппаратом физики и методами получения информации о строении тел из данных спектрального анализа.

Материал курса может служить ориентиром при изучении ряда специальных дисциплин, таких как физика и технологии наноматериалов, физика конструкционных материалов, физика трибологических процессов, выполнению научно-исследовательской работы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

**3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина** (согласно матрице соответствия компетенций и составляющих ОП)

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

- а) универсальные (УК):
- б) общепрофессиональные (ОПК):
- в) профессиональные (ПК):

*ПК-3 Способен выполнять работы по анализу научно-технической информации и результатов исследований в своей области специализации, в том числе находящихся на стыке различных областей наук;*

*ПК-5 Способен выполнять операции контроля, измерения и испытания для выявления параметров состава, структуры и свойств материалов*

*ПК-6 Способен осуществлять контроль состояния контрольного, измерительного и испытательного оборудования, обеспечивать его подготовку и функционирование*

**3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с формируемыми компетенциями**



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** теоретические основы и возможности различных методов спектрального анализа, аппаратное обеспечение спектрального анализа; (ПК-3, ПК-5)

**Уметь:** понимать современные проблемы физики и использовать знания метода в сфере профессиональной деятельности (ПК-3, ПК-5);

**Иметь практический опыт/Иметь навыки:** методикой выбора конкретного рентгеноспектрального метода для решения поставленной задачи, методами получения, обработки и анализа рентгеновских спектров (ПК-3, ПК-5, ПК-6)

#### 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 академических часов).

##### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по очной форме обучения)
			Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Формы промежуточной аттестации
1	Введение. Понятие спектральный анализ (СА), классификация типов СА, области применения СА.	3	2		
2	Атомный эмиссионный и изотопный спектральный анализ	3	2		
3	Спектральный анализ по колебательным ИК спектрам молекул	3	2		
4	Метод вращательной спектроскопии	3	2		
5	Молекулярный анализ по электронным спектрам поглощения	3	2	4	Отчет по лабораторной работе
6	Физические основы рентгеноспектрального анализа	3	2		
7	Аппаратура, используемая в рентгеноспектральном анализе;	3	2	2	Доклады



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

8	Методы рентгеноспектрального анализа: эмиссионный метод	3	2	2	
9	Абсорбционный рентгеноспектральный анализ;	3	1		Доклады
10	Микрорентгеноспектральный анализ;	3	3	2	Отчет по лабораторной работе
11	Флуоресцентный метод анализа;	3	2	2	Отчеты по лабораторной работе
12	Фотоэлектронная рентгеновская спектроскопия.	3	2		
13	Контроль	3	24	12	зачет

#### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

##### *Разделы курса*

1. Введение Понятие спектральный анализ (СА), классификация типов СА, области применения СА.

2. Атомный эмиссионный и изотопный спектральный анализ
3. Спектральный анализ по колебательным ИК спектрам молекул
4. Метод вращательной спектроскопии
5. Молекулярный анализ по электронным спектрам поглощения
6. Физические основы рентгеноспектрального анализа;
7. Аппаратура, используемая в рентгеноспектральном анализе;
8. Методы рентгеноспектрального анализа: эмиссионный метод;
9. Абсорбционный рентгеноспектральный анализ;
10. Микрорентгеноспектральный анализ;
11. Флуоресцентный метод анализа;
12. Фотоэлектронная рентгеновская спектроскопия.

##### *Краткое содержание разделов.*

1. Введение Понятие спектральный анализ (СА), классификация типов СА, области применения СА
2. Эмиссионный СА. Эмиссионные спектры атомов и основы СА. Качественный и количественный СА. Точность количественного эмиссионного СА. Изотопный СА. Изотопическая и свехтонкая структура в атомных и молекулярных спектрах. Основы изотопного СА. Методы изотопного СА и их применение.
3. Молекулярный анализ по инфракрасным (ИК) спектрам. Общие сведения о природе колебательных спектров многоатомных молекул. Определение структуры молекул по колебательным спектрам. Качественный и количественный анализ по ИК спектрам.
4. Метод вращательной спектроскопии. Теория метода. Области применения.



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

5. Молекулярный анализ по электронным спектрам поглощения. Общие характеристики электронных спектров сложных молекул: понятие о квантово-механическом описании спектров. Описание электронных спектров с помощью «металлической» модели. Хромофоры. Абсорбционные методы анализа по электронным спектрам поглощения. Используемые приборы.

6. Физические основы рентгеноспектрального анализа: Определение метода рентгеноспектрального анализа, его виды. Характеристический и тормозной рентгеновский спектр, формула Мозли. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом: поглощение и рассеяние рентгеновских лучей.

7. Аппаратура, используемая в рентгеноспектральном анализе: её отличительные особенности, схемы рентгеновских спектрометров;

8. Эмиссионный метод рентгеноспектрального анализа: Связь между рентгеновскими эмиссионными спектрами и парциальными плотностями электронных состояний. Определение параметров химической связи и эффективных зарядов атомов по рентгеновским спектрам. Пространственная анизотропия излучения. Резонансные явления в рентгеновской эмиссии кристаллов. Возможность изучения распределения химического состава образцов по глубине. Рентгеновская эмиссионная спектроскопия с вариацией энергии возбуждающих электронов.

9. Абсорбционный рентгеноспектральный анализ Спектры поглощения свободных атомов; Методы описания спектров поглощения многоатомных систем, рентгеновские спектры поглощения твердых тел и функция плотности состояний зоны проводимости. Оптимизация условий получения рентгеновских спектров поглощения.

10. Микрорентгеноспектральный анализ, особенности аппаратуры, микроанализ массивных и тонких образцов, методы количественного микроанализа (метод Монте-Карло, метод ZAF);

11. Флуоресцентный метод анализа (Оже-эффект и флуоресценция - основные процессы распада возбужденных состояний атомов с вакансиями во внутренних электронных оболочках. Оже-переходы в атомах: двухчастичный характер, обозначения, энергия и интенсивность Оже-переходов. Каскад Оже-переходов., характеристики: выход флуоресценции (зависимость выхода флуоресценции от характеристик атомов, контрастность спектра, особенности анализа по спектрам флуоресценции);

12. Фотоэлектронная рентгеновская спектроскопия (Описание фотоэмиссионного процесса: трехступенчатая и одноступенчатая модели. Толщина анализируемого слоя. Экспериментальная техника. Электростатические и магнитные электронные спектрометры. Калибровка спектрометров. Основные закономерности в рентгеновских фотоэлектронных спектрах. Химический сдвиг. Связь фотоэлектронной спектроскопии с другими методами исследования. Сателлиты рентгеновских фотоэлектронных спектров.

## 5. Образовательные технологии

Основные технологии: смешанного обучения. модульного обучения, проблемного обучения, технология выбора, информационно-коммуникационные. презентационная графика, интерактивные информационные технологии.

Все содержание состоит из **одиннадцати модулей**, каждый из которых включает в себя лекции, задания для лабораторных занятий и самостоятельной работы.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента предполагает:



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

1. подготовка к лабораторным занятиям, обработка результатов лабораторного эксперимента (учебно-методические разработки практических занятий выдаются в электронном виде каждому студенту);
  2. подготовка самостоятельного доклада по одной из предлагаемых тем,
- Для подготовки докладов используется рекомендованная литература и интернет-ресурсы.

**7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Отчет по лабораторной работе предполагает оформление выполненной во время занятия и полностью рассчитанной лабораторной работы с окончательными результатами в виде графиков, таблиц и рассчитанных величин, а также теоретический отчет по вопросам, которые даются к каждой лабораторной работе для домашней подготовки.

Студентам даются темы докладов по изучаемому материалу, с которыми они выступают во время лекционных занятий. Темы докладов находятся в приложении к РП в разделе «Фонд оценочных средств»).

Зачет проводится в письменной форме по вопросам, заранее данным студентам для домашней подготовки, которые охватывают все разделы изученного курса.

Оценка «зачтено» ставится при условии выполнения лабораторного практикума и полных или частичных ответов на вопросы билета.

Оценка «не зачтено» ставится при условии не выполнения лабораторного практикума, а также частичных ответов на вопросы билета.

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Основная литература:

1. Кириллова, Е.А. Методы спектрального анализа : учебное пособие / Е.А. Кириллова, В.С. Маряхина ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2013. - 105 с. : табл. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258856>
2. Маряхина, В.С. Теоретические основы методов спектрального анализа : учебное пособие / 2. В.С. Маряхина, Е.А. Кунавина, Е.А. Строганова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург : ОГУ, 2016. - 135 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1517-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469353>
3. Звеков, А.А. Спектральные методы исследования в химии : учебное пособие / А.А. Звеков, В.А. Невоструев, А.В. Каленский ; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2015. - 124 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8353-1823-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437497>
4. Сборник лабораторных работ по молекулярной спектроскопии. Иваново.1980
5. Бёккер Ю., Спектроскопия [Электронный ресурс] / Ю. Бёккер. - М.: РИЦ "Техносфера", 2009. - 528 с. - 978-5-94836-220-5. Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88994>
6. Аналитическая химия: физико-химические и физические методы анализа : учебное пособие / И.Н. Мовчан, Т.С. Горбунова, И.И. Евгеньева, Р.Г. Романова ; Министерство образования и



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

- науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. - 236 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1454- 2 ; То же [Электронный ресурс].
7. Луков, В.В. Физические методы исследования в химии : учебное пособие / В.В. Луков, И.Н. Щербаков. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2016. - 216 с. : схем., табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9275-2023-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461932>
  9. А.А.Русаков Рентгенография металлов и сплавов. М.Атомиздат. 1977
  10. Микроанализ и растровая электронная микроскопия . Под ред. Ф.Морис, Л.Мени, Р.Тиксье. Перевод под ред.И.Б. Боровского. М. Металлургия.1985
  11. Физические основы рентгеноспектрального локального анализа, перев. с англ., под ред. И. Б. Боровского, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973.
- Дополнительная литература.
1. В.П. Афонин, Т.Н.Гуничева, Л.Ф.Пискунова. Рентгенофлуоресцентный силикатный анализ. Новосибирск, 1984. 227с.
  2. Блохин М.А. Методы рентгеноспектральных исследований. М., 1959
  3. Д.Вудраф, Т.Делчар. Современные методы исследования поверхности. М. Мир. 1989
  4. А.В. Бахтиаров Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии. Л., 1985. 144 с
  5. А.Г. Ревенко. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов. Новосибирск, 1994. 264 с
  6. М.А.Блохин, И.Г.Швейцер. Рентгеноспектральный справочник. М., 1982
  - 7.А.А.Бабушкин, П.А.Батулин, Ф.А.Королев, Л.В.Левшин, Б.К.Прокофьев, А.Р.Стриганов. под ред. В.Л.Левшина Методы спектрального анализа. М.: Изд-во МГУ.1962.
  8. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии: Структурные методы и оптическая спектроскопия. М.: Высшая школа. 1987
  - 9.Ю.Я.Кузяков, К.А.Семененко, Н.Б.Зоров. Методы спектрального анализа. М.1990

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»  
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

средствами обучения;

- Лаборатории, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения (лаборатория электронографии и электронной микроскопии, лаборатория спектроскопии, научно-исследовательская лаборатория кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий.)

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации:

**Автор(ы) рабочей программы дисциплины:** доцент, канд.физ.-мат. наук, доцент Пашкова Т.В.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий 6 июля 2022 года, протокол № 5

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ И.О. Фамилия  
(подпись)

**Приложение 1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

**Приложение 2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.**