

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Вятский государственный университет»  
(ВятГУ)  
г. Киров

Утверждаю  
Директор/Декан Лисовский В. А.



Номер регистрации  
РПД\_3-22.03.01.01\_2021\_128162  
Актуализировано: 23.05.2021

**Рабочая программа дисциплины**  
**Рентгенография и электронная микроскопия**

|                          | наименование дисциплины                                |
|--------------------------|--|
| Квалификация выпускника  | Бакалавр   |
| Направление подготовки   | 22.03.01   |
|                          | шифр   |
|                          | Материаловедение и технологии материалов               |
|                          | наименование   |
| Направленность (профиль) | 3-22.03.01.01  |
|                          | шифр   |
|                          | Материаловедение и технологии металлов                 |
|                          | наименование   |
| Формы обучения           | Очная  |
|                          | наименование   |
| Кафедра-разработчик      | Кафедра материаловедения и основ конструирования (ОРУ) |
|                          | наименование   |
| Выпускающая кафедра      | Кафедра материаловедения и основ конструирования (ОРУ) |
|                          | наименование   |

## Сведения о разработчиках рабочей программы дисциплины

Лисовская Ольга Борисовна

---

ФИО

## Цели и задачи дисциплины

|                   |  |
|-------------------|--|
| Цель дисциплины   | получение студентами знаний: о теоретических основах физики взаимодействия рентгеновского излучения с аморфными, кристаллическими и поликристаллическими материалами; о физических основах рентгеновских методов исследования, таких как рефлектометрия, рефрактометрия, дифрактометрия, малоугловое рассеяние рентгеновских лучей; о методе электронной микроскопии при исследовании различных характеристик материалов и физических свойств твердых тел. |
| Задачи дисциплины | формирование у студента знаний в области рентгеновских методов исследования и приобретение студентами навыков практической работы с электронной микроскопией.  |

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

#### Компетенция ПК-3

|  |  |   |
|--|--|---|
| Способен выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов (изделий), обрабатывать и анализировать их результаты            |  |   |
| Знает  | Умеет  | Владеет   |
| основные физические принципы рентгенографии и электронной микроскопии; возможности и область применения рентгенографии и электронной микроскопии | применять методы рентгенографии и электронной микроскопии для изучения структуры материалов; устанавливать связи между составом материала и видом рентгенограмм и электронограмм | навыками проведения структурных исследований и обработки полученных результатов при помощи методов рентгенографии и электронной микроскопии; навыками использования методов рентгенографических и электронно-оптических исследований для построения и анализа моделей технологических процессов |

**Структура дисциплины**  
**Тематический план**

| № п/п | Наименование разделов дисциплины   | Шифр формируемых компетенций |
|-------|--|------------------------------|
| 1     | Введение. Рентгеновское излучение  | ПК-3                         |
| 2     | Электронная микроскопия, электронные микроскопы с большой разрешающей способностью | ПК-3                         |
| 3     | Рентгеноструктурный анализ, микрорентгеноспектральный метод                        | ПК-3                         |
| 4     | Подготовка и прохождение промежуточной аттестации                                  | ПК-3                         |

**Формы промежуточной аттестации**

|                 |   |
|-----------------|---|
| Зачет           | 6 семестр (Очная форма обучения)        |
| Экзамен         | Не предусмотрен (Очная форма обучения)  |
| Курсовая работа | Не предусмотрена (Очная форма обучения) |
| Курсовой проект | Не предусмотрена (Очная форма обучения) |

### Трудоемкость дисциплины

| Форма обучения       | Курсы | Семестры | Общий объем (трудоемкость) |     | Контактная работа, час | в том числе аудиторная контактная работа обучающихся с преподавателем, час |        |                                   |                      | Самостоятельная работа, час | Курсовая работа (проект), семестр | Зачет, семестр | Экзамен, семестр |
|----------------------|-------|----------|----------------------------|-----|------------------------|--|--------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------|
|                      |       |          | Часов                      | ЗЕТ |                        | Всего  | Лекции | Семинарские, практические занятия | Лабораторные занятия |                             |                                   |                |                  |
| Очная форма обучения | 3     | 6        | 180                        | 5   | 107.5                  | 54   | 18     | 18                                | 18                   | 72.5                        |                                   | 6              |                  |

## Содержание дисциплины

### Очная форма обучения

| Код занятия  | Наименование тем занятий   | Трудоемкость, академических часов |
|--|--|-----------------------------------|
| <b>Раздел 1 «Введение. Рентгеновское излучение»</b>  |  | <b>42.00</b>                      |
| <b>Лекции</b>  |  |                                   |
| Л1.1   | Кристаллическое и аморфное состояние твёрдых тел. Аморфное состояние. Поликристалл, текстура, монокристалл.  | 2.00                              |
| Л1.2   | Природа рентгеновского излучения. Принципы работы рентгеновских аппаратов. Устройство рентгеновских трубок. Рентгеновские спектры, природа тормозного и характеристического спектра. | 2.00                              |
| <b>Семинары, практические занятия</b>  |  |                                   |
| П1.1   | Изучение аппаратуры, используемой при исследовании материалов  | 6.00                              |
| <b>Самостоятельная работа</b>  |  |                                   |
| С1.1   | Природа рентгеновского излучения. Принципы работы рентгеновских аппаратов. Устройство рентгеновских трубок. Рентгеновские спектры, природа тормозного и характеристического спектра  | 16.00                             |
| <b>Контактная внеаудиторная работа</b>   |  |                                   |
| КВР1.1   | Контактная внеаудиторная работа  | 16.00                             |
| <b>Раздел 2 «Электронная микроскопия, электронные микроскопы с большой разрешающей способностью»</b> |  | <b>56.00</b>                      |
| <b>Лекции</b>  |  |                                   |
| Л2.1   | Электронная микроскопия, электронные микроскопы с большой разрешающей способностью   | 4.00                              |
| <b>Семинары, практические занятия</b>  |  |                                   |
| П2.1   | Электронная микроскопия, электронные микроскопы с большой разрешающей способностью   | 4.00                              |
| <b>Лабораторные занятия</b>  |  |                                   |
| Р2.1   | Подготовка образца: электрохимическое или химическое травление при приготовлении тонкого образца и метод реплик  | 6.00                              |
| Р2.2   | Растровая электронная микроскопия - подготовка образцов. Способы создания изображения.   | 4.00                              |
| <b>Самостоятельная работа</b>  |  |                                   |
| С2.1   | Микродифракция. Растровая электронная микроскопия. Способы создания изображения.   | 22.00                             |
| <b>Контактная внеаудиторная работа</b>   |  |                                   |
| КВР2.1   | Контактная внеаудиторная работа  | 16.00                             |
| <b>Раздел 3 «Рентгеноструктурный анализ, микрорентгеноспектральный метод»</b>                        |  | <b>78.00</b>                      |
| <b>Лекции</b>  |  |                                   |

|   |   |               |
|---|---|---------------|
| ЛЗ.1  | Рентгеновская рефлектометрия, рентгеновская рефрактометрия  | 6.00          |
| ЛЗ.2  | Основные принципы метода. Основы электронно-зондового микроанализа. Области использования   | 4.00          |
| <b>Семинары, практические занятия</b>                               |   |               |
| ПЗ.1  | Рентгеновская рефлектометрия, рентгеновская рефрактометрия  | 4.00          |
| ПЗ.2  | Основные принципы метода. Основы электронно-зондового микроанализа. Области использования.  | 4.00          |
| <b>Лабораторные занятия</b>   |   |               |
| РЗ.1  | Фазовый анализ. Определение структуры вещества и периодов решетки различных фаз в смеси   | 4.00          |
| РЗ.2  | Качественный анализ: определение количества и типа элементов в исследуемом образце.   | 4.00          |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                       |   |               |
| СЗ.1  | Методы получения рентгенограмм. Анализ материалов и процессов. Анализ деформаций и дисперсности. Анализ макронапряжений. Анализ микронапряжений. Анализ дисперсности. Анализ текстур, возникающих при производстве материалов | 15.00         |
| СЗ.2  | Количественный анализ: принципиальные основы, пределы чувствительности, анализ тонких слоев   | 16.00         |
| <b>Контактная внеаудиторная работа</b>                              |   |               |
| КВРЗ.1  | Контактная внеаудиторная работа   | 21.00         |
| <b>Раздел 4 «Подготовка и прохождение промежуточной аттестации»</b> |   | <b>4.00</b>   |
| З4.1  | Подготовка к сдаче зачета   | 3.50          |
| КВР4.1  | Сдача зачета  | 0.50          |
| <b>ИТОГО</b>  |   | <b>180.00</b> |

Содержание дисциплины данной рабочей программы используется при обучении по индивидуальному учебному плану, при ускоренном обучении, при применении дистанционных образовательных технологий и электронном обучении (при наличии).

## Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие обучающегося на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. Обучающийся обязан посещать лекции, семинарские, практические и лабораторные занятия (при их наличии), получать консультации преподавателя и выполнять самостоятельную работу.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, методических указаний и разработок, указанных в программе, особое внимание уделить целям, задачам, структуре и содержанию дисциплины.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Тематика лекций определяется настоящей рабочей программой дисциплины.

Лекции – это систематическое устное изложение учебного материала. На них обучающийся получает основной объем информации по каждой конкретной теме. Лекции обычно носят проблемный характер и нацелены на освещение наиболее трудных и дискуссионных вопросов.

Предполагается, что обучающиеся приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендованным программой. Часто обучающимся трудно разобраться с дискуссионными вопросами, дать однозначный ответ. Преподаватель, сравнивая различные точки зрения, излагает свой взгляд и нацеливает их на дальнейшие исследования и поиск научных решений. После лекции желательно вечером перечитать и закрепить полученную информацию, тогда эффективность ее усвоения значительно возрастает. При работе с конспектом лекции необходимо отметить материал, который вызывает затруднения для понимания, попытаться найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю.

Целью семинарских занятий является проверка уровня понимания обучающимися вопросов, рассмотренных на лекциях и в учебной литературе.

Целью практических и лабораторных занятий является формирование у обучающихся умений и навыков применения теоретических знаний в реальной практике решения задач; восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса.

Семинарские, практические и лабораторные занятия в равной мере направлены на совершенствование индивидуальных навыков решения теоретических и прикладных задач, выработку навыков интеллектуальной работы, а также ведения дискуссий. Для успешного участия в семинарских, практических и лабораторных занятиях обучающемуся следует тщательно подготовиться.

Основной формой подготовки обучающихся к практическим (лабораторным) занятиям является самостоятельная работа с учебно-методическими материалами, научной литературой, статистическими данными и т.п.

Изучив конкретную тему, обучающийся может определить, насколько хорошо он в ней разобрался. Если какие-то моменты остались непонятными, целесообразно составить список вопросов и на занятии задать их преподавателю. Практические (лабораторные) занятия предоставляют обучающемуся возможность творчески раскрыться, проявить инициативу и развить навыки публичного ведения дискуссий и общения.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя выполнение различного рода заданий (изучение учебной и научной литературы, материалов лекций, систематизацию прочитанного материала, подготовку контрольной работы, решение



задач, подготовка докладов, написание рефератов, публикация тезисов, научных статей, подготовка и защита курсовой работы / проекта и другие), которые ориентированы на глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины.

Обучающимся рекомендуется систематически отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки.

Внутренняя система оценки качества освоения дисциплины включает входной контроль уровня подготовленности обучающихся, текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию, направленную на оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (в том числе результатов курсового проектирования (выполнения курсовых работ) при наличии).

При проведении промежуточной аттестации обучающегося учитываются результаты текущего контроля, проводимого в течение освоения дисциплины.

Процедура оценивания результатов освоения дисциплины осуществляется на основе действующих локальных нормативных актов ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», с которыми обучающиеся ознакамливаются на официальном сайте университета [www.vyatsu.ru](http://www.vyatsu.ru).

## **Учебно-методическое обеспечение дисциплины, в том числе учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающегося по дисциплине**

### **Учебная литература (основная)**

1) Кондратов, Василий Михайлович. Учебный курс по рентгенографии : Для студ. и аспирантов машиностроит. спец. / В. М. Кондратов, Л. П. Кочеткова ; ВятГТУ, ФАМ, каф. МИТМ. - Киров : ВятГУ, 2000. - 78 с. - 200 экз. - ISBN 5-230-07357-8 : 70.40 р. - Текст : непосредственный.

2) Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : Учеб. - М. : Металлургия, 1982. - 632 с. - 55.00 р. - Текст : непосредственный.

3) Брандон, Д. Микроструктура материалов, Методы исследования и контроля : учеб. пособие / Д. Брандон, У. Каплан; пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова с дополнением О. В. Егоровой. - М. : Техносфера, 2004. - 384 с. : ил. - (Мир материалов и технологий). - Библиогр.: в конце гл. - ISBN 5-94836-018-0. - ISBN 0-471-98501-5 : 180.00 р. - Текст : непосредственный.

4) Иванов, А. С. Рентгенография металлов : учебное пособие / А. С. Иванов. - Пермь : ПНИПУ, 2014. - 77 с. - ISBN 978-5-398-01188-3 : Б. ц. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160408> (дата обращения: 15.05.2020). - Режим доступа: ЭБС Лань. - Текст : электронный.

5) Егорова, О. В. Техническая микроскопия. Практика работы с микроскопами для технических целей : учебник для вузов / О. В. Егорова. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 524 с. - ISBN 978-5-8114-5511-9 : Б. ц. - URL: <https://e.lanbook.com/book/152592> (дата обращения: 15.05.2020). - Режим доступа: ЭБС Лань. - Текст : электронный.

### **Учебная литература (дополнительная)**

1) Зевайль, Ахмед. Трехмерная электронная микроскопия в реальном времени : учеб. пособие / А. Зевайль, Дж. Томас. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 327 с. : ил. - Библиогр.: с. 323-327. - ISBN 978-5-91559-102-7 : 1372.00 р. - Текст : непосредственный.

2) Панова, Т. В. Современные методы исследования вещества: электронная и оптическая микроскопия : учебное пособие / Т.В. Панова. - Омск : ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, 2016. - 80 с. : табл., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7779-2052-2 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=563044/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

3) Карпухин, С. Д. Атомно-силовая микроскопия / С. Д. Карпухин, Ю. А. Быков. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. - 38 с. - Б. ц. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52243](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52243) (дата обращения: 15.05.2020). - Режим доступа: ЭБС Лань. - Текст : непосредственный.

4) Мордасов, Денис Михайлович. Струйно-акустические эффекты в методах неразрушающего контроля веществ : научное издание / Д. М. Мордасов, М. М. Мордасов. - Москва : Физматлит, 2009. - 111 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 107-111. - ISBN 978-5-9221-1185-0 (в пер.) : 99.00 р. - Текст : непосредственный.

5) Мордасов, Д. М. Кристаллография: учебное электронное издание : учебное пособие / Д.М. Мордасов, В.В. Строкова, И.В. Жерновский. - Тамбов : ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2018. - 81 с. : табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1995-0 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=570376/> (дата обращения: 03.03.2021). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

6) Буланов, Е. Н. Рентгенография. Физические основы метода и практическое приложение : электронное учебно-методическое пособие / Е. Н. Буланов. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. - 49 с. - Б. ц. - URL: <https://e.lanbook.com/book/152848> (дата обращения: 15.05.2020). - Режим доступа: ЭБС Лань. - Текст : электронный.

7) Магнетизм на острие иглы. Основы атомно-силовой и магнитно-силовой микроскопии: научное электронное издание : монография / Р.Б. Моргунов, О.В. Коплак, А.И. Безверхний, О.С. Дмитриев. - Тамбов : ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2018. - 185 с. : табл., граф., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1881-6 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=570352/> (дата обращения: 03.03.2021). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

8) Методы сканирующей зондовой микроскопии при исследовании структуры и свойств органических материалов. - Уфа : БГПУ имени М. Акмуллы, 2016. - 41 с. - Б. ц. - URL: <https://e.lanbook.com/book/93053> (дата обращения: 15.05.2020). - Режим доступа: ЭБС Лань. - Текст : электронный.

#### **Учебно-методические издания**

1) Мони́на, Л. Н. Рентгенография. Качественный рентгенофазовый анализ : учебное пособие / Л.Н. Мони́на. - Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2016. - 119 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-400-01316-4 : Б. ц. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=567437/> (дата обращения: 24.03.2020). - Режим доступа: ЭБС Университетская библиотека ONLINE. - Текст : электронный.

#### **Учебно-наглядное пособие**

1) Богатство наномира. Фоторепортаж из глубин вещества / ред. Ю. Д. Третьяков. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 171 с. : цв.ил. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-0108-9 : 341.55 р. - Текст : непосредственный.

#### **Электронные образовательные ресурсы**

- 1) Портал дистанционного обучения ВятГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://mooc.do-kirov.ru/>
- 2) Раздел официального сайта ВятГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: [https://www.vyatsu.ru/php/programms/eduPrograms.php?Program\\_ID=3-22.03.01.01](https://www.vyatsu.ru/php/programms/eduPrograms.php?Program_ID=3-22.03.01.01)
- 3) Личный кабинет студента на официальном сайте ВятГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://new.vyatsu.ru/account/>
- 4) Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/>

### **Электронные библиотечные системы (ЭБС)**

- ЭБС «Научная электронная библиотека eLIBRARY» (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)
- ЭБС «Издательства Лань» (<http://e.lanbook.com/>)
- ЭБС «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru))
- Внутренняя электронно-библиотечная система ВятГУ (<http://lib.vyatsu.ru/>)
- ЭБС «ЮРАЙТ» (<https://urait.ru>)

### **Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

- ГАРАНТ
- КонсультантПлюс
- Техэксперт: Нормы, правила, стандарты
- Роспатент (<https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema>)
- Web of Science® (<http://webofscience.com>)

## Материально-техническое обеспечение дисциплины

### Демонстрационное оборудование

|   |
|---|
| Перечень используемого оборудования   |
| МУЛЬТИМЕДИА ПРОЕКТОР CASIO XJ-A140V С ЭКРАНОМ НАСТЕННЫМ PROJESTA ПРОФИ 180*180СМ, ШТАТИВОМ PROFFIX 63-100СМ И КАБЕЛЕМ VGA 15.2М |
| Мультимедийный комплекс (м/проектор,эл.доска/)в к-те оборудования для аудиторий   |
| НОУТБУК HP g6-1160er 15,6"/I3   |

### Специализированное оборудование

|                                     |
|-------------------------------------|
| Перечень используемого оборудования |
| УСТАНОВКА "ДРОН-3М"                 |

**Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, в том числе лицензионное и свободно распространяемое ПО (включая ПО отечественного производства)**

| № п.п | Наименование ПО  | Краткая характеристика назначения ПО   |
|-------|--|--|
| 1     | Программная система с модулями для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ» | Программный комплекс для проверки текстов на предмет заимствования из Интернет-источников, в коллекции диссертация и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ) и коллекции нормативно-правовой документации LEXPRO |
| 2     | Microsoft Office 365 ProPlusEdu ALNG SubsVL MVL AddOn toOPP  | Набор веб-сервисов, предоставляющий доступ к различным программам и услугам на основе платформы Microsoft Office, электронной почте бизнес-класса, функционалу для общения и управления документами                                |
| 3     | Office Professional Plus 2016  | Пакет приложений для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных, презентациями   |
| 4     | Windows Professional   | Операционная система   |
| 5     | Kaspersky Endpoint Security для бизнеса  | Антивирусное программное обеспечение   |
| 6     | Справочная правовая система «Консультант Плюс»   | Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации  |
| 7     | Электронный периодический справочник ГАРАНТ Аналитик   | Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации  |
| 8     | Security Essentials (Защитник Windows)   | Защита в режиме реального времени от шпионского программного обеспечения, вирусов.   |
| 9     | МойОфис Стандартный  | Набор приложений для работы с документами, почтой, календарями и контактами на компьютерах и веб браузерах   |

Обновленный список программного обеспечения данной рабочей программы находится по адресу:  
[https://www.vyatsu.ru/php/list\\_it/index.php?op\\_id=128162](https://www.vyatsu.ru/php/list_it/index.php?op_id=128162)