

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

С.Т. Князев  
2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
М.1.5	<i>Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов</i>

Екатеринбург, 2020

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа <i>Материаловедение и технология конструкционных материалов</i>	Код ОП 22.04.01/33.04
Направление подготовки <i>Материаловедение и технологии материалов</i>	Код направления и уровня подготовки 22.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Юровских Артем Сергеевич	к.т.н., доцент	доцент	Термообработка и физика металлов

Руководитель модуля



А.С. Юровских

Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий

Протокол № 1-12 от 11.12.19 г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ



Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов»

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов» реализуется в рамках базовой части ВУЗа образовательной программы «Материаловедение и технология конструкционных материалов».

Модуль состоит из одной дисциплины – «Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов».

В дисциплинах модуля рассматриваются основы наиболее востребованных методик анализа структуры и состава веществ – электронной микроскопии и рентгеноструктурного фазового анализа. В частности, освещаются вопросы устройства и принципа работы растровых и просвечивающих электронных микроскопов, рентгеновских дифрактометров. Рассматриваются современные методики анализа текстур, качественного и количественного рентгенофазового анализа.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах и часах	Форма итоговой промежуточной аттестации по дисциплинам модуля и в целом по модулю
1.	Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов	3 з.е. / 108 час.	экзамен
ИТОГО по модулю:		3 з.е. / 108 час.	экзамен

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Основы материаловедения и технологий материалов Основы методологии и постановки научных исследований
Постреквизиты и корреквизиты модуля	-

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Изучение дисциплин модуля предусматривает формирование компетенций посредством последовательного освоения результатов обучения на определенном уровне сложности содержания.

Результаты обучения по дисциплине – это конкретные знания, умения, опыт и другие результаты (содержательные компоненты компетенций), которых планируется достичь на этапе изучения дисциплины модуля и которые должны будут продемонстрированы обучающимися и оценены преподавателем по индикаторам/измеряемым критериям.

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить

факт освоения предметного содержания данной дисциплины.

Индикаторы должны учитываться при выборе и составлении заданий контрольно-оценочных мероприятий (оценочных средств) текущей и промежуточной аттестации.

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов	<p>УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p> <p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания.</p> <p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа.</p> <p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов.</p> <p>ПК-2 - Способен планировать, разрабатывать и осуществлять экспериментальные</p>	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы физики рентгеновского и электронного излучения;</li> <li>- основы взаимодействия рентгеновского и электронного излучения с веществом;</li> <li>- физические основы дифракционного взаимодействия;</li> <li>- устройство и принцип работы растровых, просвечивающих электронных микроскопов и рентгеновских дифрактометров.</li> </ul> <p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обоснованно выбрать метод (способ) анализа структурно-фазового состояния материала;</li> <li>- интерпретировать структурно-фазовое состояние материала по рентгеновской дифрактограмме;</li> <li>- интерпретировать структурное состояние / состав материала по растровым изображениям / данным рентгеновской спектрометрии;</li> <li>- интерпретировать структурно-фазовое состояние материала по изображения / электронограммам просвечивающего микроскопа.</li> </ul> <p>Иметь опыт/владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современной терминологией при решении задач анализа структуры и состава материалов и трактовке результатов экспериментальных исследований.</li> <li>- навыками самостоятельного выбора метода / режима исследования металлического материала для получения необходимого объема приборной информации.</li> </ul> <p>Личностные качества:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- демонстрировать ответственное отношение к выполнению заданий по освоению компетенции.</li> </ul>

	исследования конструкционных материалов, анализировать и обрабатывать их результаты, формулировать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям	
--	---	--

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной форме.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИН МОДУЛЯ**

## **ПРОГРАММА МОДУЛЯ**

Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов

## **РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИН МОДУЛЯ**

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 1**

Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Юровских Артем Сергеевич	к.т.н., доцент	доцент	Термообработка и физика металлов
2				

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол №\_1-12\_ от\_11.12.2019 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ 1

## Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов

### 1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
  - Базовый уровень

### 1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине 1

Таблица 1.2

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
<p>УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p> <p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания.</p> <p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа.</p> <p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов.</p> <p>ПК-2 - Способен планировать, разрабатывать и осуществлять экспериментальные исследования конструкционных материалов, анализировать и обрабатывать их результаты, формулировать</p>	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основы физики рентгеновского и электронного излучения;</li><li>- основы взаимодействия рентгеновского и электронного излучения с веществом;</li><li>- физические основы дифракционного взаимодействия;</li><li>- устройство и принцип работы растровых, просвечивающих электронных микроскопов и рентгеновских дифрактометров.</li></ul> <p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- обоснованно выбрать метод (способ) анализа структурно-фазового состояния материала;</li><li>- интерпретировать структурно-фазовое состояние материала по рентгеновской дифрактограмме;</li><li>- интерпретировать структурное состояние / состав материала по растровым изображениям / данным рентгеновской спектрометрии;</li><li>- интерпретировать структурно-фазовое состояние материала по изображениям / электронограммам просвечивающего микроскопа.</li></ul> <p>Иметь опыт/владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- современной терминологией при решении задач анализа структуры и состава материалов и трактовке результатов экспериментальных исследований.</li><li>- навыками самостоятельного выбора метода / режима исследования металлического материала для получения необходимого объема приборной информации.</li></ul> <p>Личностные качества:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- демонстрировать ответственное отношение к выполнению заданий по освоению компетенции.</li></ul>

выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям	
--	--

### 1.3. Содержание дисциплины 1

Таблица 1.3

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Электронно-микроскопические методы анализа материалов	Растровая электронная микроскопия и микрорентгеновский спектральный анализы. Принцип работы и принципиальная схема современных растровых электронных микроскопов Принципы получения изображения, качественный и количественный анализы содержания химических элементов. Выбор условий работы РЭМ и подготовка образцов. Дифракция отраженных электронов. Ориентационная микроскопия: устройство системы и принцип действия. Ориентационные карты, анализ преимущественных ориентировок. Просвечивающая электронная микроскопия и микрорентгеновский спектральный анализ тонких фольг. Принцип работы и принципиальная схема современных просвечивающих электронных микроскопов Принципы получения изображения, качественный и количественный анализы содержания химических элементов. Выбор условий работы ПЭМ и подготовка образцов.
P2	Рентгенодифракционные методы анализа материалов	Рентгеновское излучение: получение, свойства, взаимодействие с веществом. Поглощение рентгеновского излучения. Дифракция рентгеновского излучения. Виды картин дифракции. Устройство и принцип действия современного рентгеновского дифрактометра. Дифрактограммы. Качественный и количественный фазовый анализ. Безэталонный количественный анализ по методу Ритвельда. Терморентгенография. Анализ текстуры материалов дифрактометрическим методом. Построение прямых и обратных полюсных фигур.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации (русский).

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов

**Электронные ресурсы (издания)**

*elar.urfu.ru:*

1. Методы исследования текстур в материалах : учебно-методическое пособие / М. Л.



Лобанов, А. С. Юровских, Н. И. Кардонина, Г. М. Русаков ; [науч. ред. А. А. Попов]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 115, [1] с. – ISBN 978-5-7996-1107-1.  
<http://hdl.handle.net/10995/28791>

2. Современные методы исследования полиморфных превращений в сталях : учебное пособие / О. В. Селиванова, О. Н. Полухина, В. А. Хотинев, В. М. Фарбер ; научный редактор А. А. Попов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2017. — 60 с. — ISBN 978-5-7996-2173-5.  
<http://hdl.handle.net/10995/54005>

### **Печатные издания**

<http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>

1. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 550500-Металлургия, 651300-Металлургия, 651800-Физ. материаловедение / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев .— 4-е изд., перераб. и доп. — М. : МИСИС, 2002 .— 360 с. : ил. ; 26 см .— Библиогр.: с. 357-358 (38 назв.). — ISBN 5-87623-096-0 : 135.00. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 15712 – уч. фонд 38 экз.).

2. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. "Прикладные математика и физика" / Д. Брандон, У. Каплан ; пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова, с доп. О. В. Егоровой .— М. : Техносфера, 2004 .— 384 с. : ил. ; 24 см .— (Мир материалов и технологий) .— Предм. указ.: с. 376-377. — Библиогр. в конце гл. — Рекомендовано в качестве учебника .— ISBN 5-94836-018-0 .— ISBN 0-471-98501-5. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 17733 – уч. фонд 42 экз.).

3. Металловедение и термическая обработка стали и чугуна : справочник : в 3 т. Т. 1. Методы испытаний и исследования / [Б. С. Бокштейн, Ю. Г. Векслер, Б. А. Дроздовский и др.] / под ред. А. Г. Рахштадта, Л. М. Капуткиной, С. Д. Прокошкина, А. В. Супова .— М. : Интернет Инжиниринг, 2004 .— 688 с. : ил. ; 25 см .— Авт. указаны на обороте тит. л. — Библиогр.: с. 687 (16 назв.). — ISBN 5-89594-103-6. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 18587– уч. фонд 21 экз.).

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

<http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>]:

ЭБС "Лань" (Издательство "Лань");  
Taylor&Francis (Taylor & Francis Group);  
American Institute of Physics;  
eLibrary (ООО Научная электронная библиотека);  
Institute of Physics (IOP);  
Journal Citation Reports (JCR) Web of Science;  
Scopus Elsevier;  
Springer Materials (Springer Nature);  
SpringerLink (Springer Nature);  
Web of Science Core Collection (Web of Science).

<http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=80>]

Физика металлов и металловедение: [журнал];  
Письма в "Журнал технической физики": [журнал];  
Журнал технической физики: [журнал];

Российские нанотехнологии: [журнал];  
 Материаловедение: науч.-техн. и произв. журн. [журнал].

### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ: <http://study.urfu.ru>
2. Зональная научная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>
3. Российская электронная научная библиотека: <http://www.elibrary.ru>
4. Electron Backscatter Diffraction Analysis – обучающий сайт [www.ebsd.com](http://www.ebsd.com)
5. Поисковые системы: <http://www.yandex.ru>, <http://www.google.com>
6. Свободная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дифракционные и электронно-микроскопические методы анализа материалов

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции; практические занятия; консультации, экзамен; самостоятельная работа студентов.	Три лекционные аудитории, оснащенные мультимедийным оборудованием (проекторы, интерактивные доски).	ОС Microsoft Windows 7, 10. Программный пакет Microsoft Office профессиональный плюс 2013 / 2016.
2	Практические и лабораторные занятия	1. Лаборатория оптической металлографии (микроскопы Olympus GX-51, Nikon Epihot 200). 2. Лаборатория растровой электронной микроскопии (РЭМ Philips SEM 535, Jeol JSM-6490LV, Zeiss AURIGA). 3. Лаборатория просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ Jeol JEM-2100, FEI Titan 60-300). 4. Лаборатория рентгеноструктурного анализа (дифрактометры Bruker D8 Advance).	Не требуется (специализированное ПО, входящее в состав используемого оборудования)