

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра физической химии**

Авторы-составители: **Шеин Анатолий Борисович**  
**Плотникова Мария Дмитриевна**  
**Петухов Игорь Валентинович**

Рабочая программа дисциплины  
**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**  
Код УМК 96178

Утверждено  
Протокол №6  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Физические методы исследования

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **04.03.01** Химия

направленность Программа широкого профиля

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Физические методы исследования** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

#### 04.03.01 Химия (направленность : Программа широкого профиля)

**ОПК.5** Способен обрабатывать, анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в профессиональной деятельности с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач

##### Индикаторы

**ОПК.5.1** Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных исследований, наблюдений, измерений в профессиональной деятельности

**ПК.1** Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения научно-исследовательских задач в профессиональной области, поставленных специалистом более высокой квалификации

##### Индикаторы

**ПК.1.2** Выбирает и использует технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения задач НИР, поставленных специалистом более высокой квалификации, готовит объекты исследования

**ПК.2** Способен проводить, анализировать и оформлять результаты научных исследований по поставленной специалистом более высокой квалификации тематике, владеет навыками использования современной аппаратуры

##### Индикаторы

**ПК.2.1** Осуществляет научно-исследовательские разработки по поставленной специалистом более высокой квалификации тематике с использованием современной аппаратуры, синтезирует (анализирует) вещества различной природы

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	04.03.01 Химия (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7,8
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (7 триместр) Экзамен (8 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Физические методы исследования (часть 1)**

Основными задачами освоения дисциплины «Физические методы исследования» являются:

- получение и закрепление теоретических и практических знаний в области физических и физико-химических явлений и процессов, лежащих в основе наиболее важных методов исследования состава, структуры и свойств материалов и покрытий, явлений в них;
- понимание принципов устройства и работы типовых приборов и подготовки образцов, обработки и анализа регистрируемых характеристик и источников возможных ошибок, определения точности экспериментов и их ограничений;
- приобретение знаний и навыков по оценке возможностей методов и их практическому использованию в исследовании материалов и покрытий различной природы, процессов и явлений в них;
- развитие способности у студентов применять полученные знания при выполнении научно-исследовательских работ.

**Введение. Общая классификация методов анализа поверхности материалов. Общие вопросы визуализации структуры материалов и аналитических характеристик. Процедура подготовки материалов к исследованиям.**

Во введении приводится общая классификация методов анализа поверхности материалов.

Рассматриваются общие вопросы визуализации структуры материалов и аналитических характеристик. Детально описывается процедура подготовки материалов к исследованиям (шлифование, полирование, травление). Приводится рецептура травителей для различных металлов.

**Методы микроскопии. Оптическая микроскопия. Увеличение изображения и разрешающая способность. Принципиальные схемы металлографических микроскопов. Особенности подготовки образцов. Получаемая информация.**

Рассматриваются методы оптической микроскопии. Приводится устройство, блок-схема металлографического микроскопа. Обсуждаются специфические методы световой микроскопии (светлопольное и темнопольное освещение, исследование в поляризованном свете, метод фазового контраста и др.).

**Электронная микроскопия. Общие аспекты электронной оптики. Взаимодействие электронов с образцом. Первичные, вторичные и обратно рассеянные электроны. Оже-электроны и рентгеновское излучение.**

Излагаются основы различных видов электронной микроскопии. Анализируются эффекты, возникающие при взаимодействии электронов с металлическим образцом. Дается понятие о первичных, вторичных и обратно рассеянных электронах, Оже-электронах.

**Трансмиссионная электронная микроскопия. Дифракция электронов. Получение ТЭМ-изображения. Устройство ТЭМ. Подготовка образцов и получаемая информация.**

Излагаются основы трансмиссионной электронной микроскопии. Приводится устройство ТЭМ, рассматривается принцип его работы. Детально излагаются способы подготовки образцов (прямой, полупрямой, косвенный методы) и типы получаемой информации.

**Сканирующая электронная микроскопия. Визуализация вторичных электронов и электронов обратного рассеяния. Получение СЭМ-изображения. Устройство СЭМ. Подготовка образцов и получаемая информация. Фрактография. Микрорентгеноспектральный анализ.**

Излагаются основы сканирующей (растровой) электронной микроскопии. Объясняется эффект визуализации вторичных электронов и электронов обратного рассеяния. Рассматриваются способы получения СЭМ-изображения. Излагается устройство СЭМ. Описываются различные способы

подготовки образцов и получаемая информация. Излагаются основы фрактографии (науки об изломах). Даются основы микрорентгеноспектрального анализа. Излагаются принципы работы различных микрорентгеноспектральных анализаторов.

**Сканирующие зондовые методы. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Устройство приборов и получаемая информация.**

Излагаются основы различных сканирующих зондовых методов. Детально рассматриваются основы сканирующей туннельной микроскопии, устройство микроскопов и принцип их работы. Детально рассматриваются основы атомно-силовой микроскопии. Излагается устройство приборов и получаемая информация.

**Методы электронной спектроскопии. Общий обзор. Оже-электронная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия. Спектроскопия нейтрализации ионов. Дифракция медленных электронов.**

Приводится общий обзор методов электронной спектроскопии (диаграмма Пропста). Детально анализируются отдельные методы электронной спектроскопии, наиболее широко применяемые в химических исследованиях (Оже-электронная спектроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия, спектроскопия нейтрализации ионов, дифракция медленных электронов и др.). Приводятся примеры устройства аппаратуры и получаемой информации

**Физические методы исследования (часть 2)**

Основными задачами изучения дисциплины "Физические методы исследования. Рентгеноструктурный анализ" являются

- получение знаний об основах рентгеноструктурного фазового анализа как одного из наиболее востребованных методов изучения материалов;
- об устройстве и принципах работы рентгеновских дифрактометров, а также о возможностях качественного и количественного рентгенофазового анализа.
- применение теоретического содержания дисциплины, представлений о кристаллической структуре, фазовом и химическом составе в практике решения лабораторных задач (лабораторные работы).

**Рентгеноструктурный анализ. Спектр рентгеновского излучения.**

Введение. Свойства рентгеновских лучей, их преломление, дифракция. Предмет и методы рентгеноструктурного анализа. Применение рентгеновских лучей. Рентгеновское излучение и его спектр. Линейчатый спектр. Характеристический спектр. Сплошной спектр. Выбор анода. Фильтры. Поглощение рентгеновских лучей при прохождении через вещество. Когерентное и некогерентное рассеяние. Линейный и массовый коэффициенты поглощения. Выбор излучения и его монохроматизация.  $K\alpha$  и  $K\beta$  излучения.

**Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Уравнение Вульфа-Брэгга.**

Уравнение Вульфа-Брэгга. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Закон ослабления интенсивности рентгеновских лучей, массовый коэффициент ослабления. Слой половинного ослабления. Истинное атомное поглощение рентгеновских лучей. Селективно поглощающий фильтр рентгеновского излучения. Рассеяние рентгеновского излучения.

**Рентгеновские дифрактометры. Виды съемки и типы фокусировки.**

Возникновение интерференционных конусов при съемке на отражение. Рентгеновские дифрактометры. Схема фокусировки по Брэггу-Брентано. Интегральная интенсивность дифракционных максимумов. Множители интенсивности. Структурный множитель (фактор), множитель повторяемости (фактор),

угловой множитель (фактор), абсорбционный множитель (фактор), тепловой множитель, Законы погасания.

### **Основные методы рентгеноструктурного анализа.**

Суть, основные преимущества и недостатки, а также область применения следующих методов рентгеноструктурного анализа:

- 1) Метод Лауэ.
- 2) Метод вращения.
- 3) Метод порошков.

### **Качественный и количественный рентгенофазовый анализ.**

Определение типа и размера элементарной ячейки кристаллической решетки. Качественный рентгенофазовый анализ. Количественный рентгенофазовый анализ. Индексирование дифрактограмм, выявление сингонии. Погрешности в определении параметра решетки кубического кристалла.

### **Определение напряжений методом рентгеноструктурного анализа.**

Рассматривается возможность использования методов рентгеноструктурного анализа для определения внутренних напряжений в металлах, классификация напряжений (напряжения I, II и III рода), а также анализируются изменения в рентгенограммах, которые возникают вследствие возникновения напряжений в структуре материала.

### **Итоговое контрольное мероприятие**

Проводится итоговое контрольное мероприятие.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.



## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная:**

1. Шеин А. Б. Физические методы исследований (металлография, электронная микроскопия, электронная спектроскопия): учебное пособие / А. Б. Шеин. - Пермь, 2008, ISBN 978-5-7944-1174-4. - 108. - Библиогр. в конце глав
2. Шеин А. Б. Спектроскопические методы анализа поверхности твердых тел (теория): учебно-методическое пособие / А. Б. Шеин. - Пермь, 2007, ISBN 5-7944-0802-2. - 36. - Библиогр.: с. 36
3. Филимонова, Н. И. Методы электронной микроскопии : учебное пособие / Н. И. Филимонова, А. А. Величко, Н. Е. Фадеева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 61 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/69545.html>
4. Кларк, Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов : монография / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхард. — Москва : Техносфера, 2007. — 376 с. — ISBN 978-5-94836-121-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/12728>

### **Дополнительная:**

1. Панова Т. В. Современные методы исследования вещества. Электронная и оптическая микроскопия: Учебное пособие / Панова Т. В.. - Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2016, ISBN 978-5-7779-2052-2. - 80. <http://www.iprbookshop.ru/60748.html>
2. Филимонова, Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 134 с. — ISBN 978-5-7782-2158-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/45104.html>

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

При освоении дисциплины использование ресурсов сети Интернет не предусмотрено.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Физические методы исследования** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий); доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС); доступ в электронную информационно-образовательную среду университета; тестирование

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

1. Лекционные занятия: Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия): Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Лабораторные занятия: «Лаборатория микроскопии», оснащенная специализированным оборудованием. "Лаборатория физических методов исследования", оснащенная специализированным оборудованием. "Лаборатория рентгено-структурного анализа (РСА)", оснащенная специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лабораторий.

4. Самостоятельная работа: Лаборатория микроскопии», оснащенная специализированным оборудованием. "Лаборатория физических методов исследования", оснащенная специализированным оборудованием. "Лаборатория рентгено-структурного анализа (РСА)", оснащенная специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лабораторий.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Физические методы исследования**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.5**

**Способен обрабатывать, анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в профессиональной деятельности с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.5.1</b> Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных исследований, наблюдений, измерений в профессиональной деятельности</p>	<p>Знает теоретические основы физических методов, используемых в химическом материаловедении. Умеет обрабатывать и анализировать результаты исследований, правильно интерпретирует результаты структурных исследований, графические зависимости и делает по ним корректные выводы, не противоречащие основным физическим законам. Владеет практикой количественных расчетов в физических методах исследования.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает теоретических основ физических методов, используемых в химическом материаловедении. Не умеет обрабатывать и анализировать результаты исследований, правильно интерпретировать результаты структурных исследований, графические зависимости и делать по ним корректные выводы, не противоречащие основным физическим законам. Не владеет практикой количественных расчетов в физических методах исследования.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Слабо знает теоретические основы физических методов, используемых в химическом материаловедении. Умеет обрабатывать и анализировать результаты исследований, но делает ошибки. Допускает неточности в выводах. Слабо владеет практикой количественных расчетов в физических методах исследования.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает теоретические основы физических методов, используемых в химическом материаловедении. Умеет обрабатывать и анализировать результаты исследований, но делает незначительные ошибки. Допускает несущественные неточности в выводах. Владеет практикой количественных расчетов в физических методах исследования.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Устойчиво знает теоретические основы физических методов, используемых в химическом материаловедении. Умеет</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p><b>Отлично</b></p> <p>обрабатывать и анализировать результаты исследований, правильно интерпретирует результаты структурных исследований, графические зависимости и делает по ним корректные выводы, не противоречащие основным физическим законам. В полной мере владеет практикой количественных расчетов в физических методах исследования.</p>
<p><b>ОПК.5.1</b> Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных исследований, наблюдений, измерений в профессиональной деятельности</p>	<p>Знает техническое устройство и экспериментальные возможности оптических и электронных микроскопов в объеме, достаточном для решения практических задач. Способен самостоятельно выбрать и использовать аппаратуру для выполнения металлографических микроструктурных исследований. Умеет готовить объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. В полной мере владеет операциями шлифовки, полировки, травления.</p>	<p><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает техническое устройство и экспериментальные возможности оптических и электронных микроскопов. Не способен выбрать и использовать аппаратуру для выполнения металлографических микроструктурных исследований. Не умеет готовить объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. Не владеет операциями шлифовки, полировки, травления.</p> <p><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Имеет представление о техническом устройстве и экспериментальных возможностях оптических и электронных микроскопов. Способен выбрать аппаратуру для выполнения металлографических микроструктурных исследований. Имеет представление о том, как готовить объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. Имеет представление об операциях шлифовки, полировки, травления.</p> <p><b>Хорошо</b></p> <p>Знает техническое устройство и экспериментальные возможности оптических и электронных микроскопов в объеме, достаточном для выполнения лабораторных работ. Способен под руководством преподавателя выбрать и использовать аппаратуру для выполнения металлографических микроструктурных</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p><b>Хорошо</b> исследований. Умеет готовить объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. Владеет операциями шлифовки, полировки, травления.</p> <p><b>Отлично</b> Знает техническое устройство и экспериментальные возможности оптических и электронных микроскопов в объеме, достаточном для решения практических задач. Способен самостоятельно выбрать и использовать аппаратуру для выполнения металлографических микроструктурных исследований. Умеет готовить объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. В полной мере владеет операциями шлифовки, полировки, травления.</p>

### ПК.1

**Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения научно-исследовательских задач в профессиональной области, поставленных специалистом более высокой квалификации**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.2</b> Выбирает и использует технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения задач НИР, поставленных специалистом более высокой квалификации, готовит объекты исследования</p>	<p>Знает экспериментальные возможности имеющихся методов и приборов для исследований. Способен готовить объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. Владеет методиками проведения металлографических и электронномикроскопических исследований</p>	<p><b>Неудовлетворител</b> Не знает экспериментальные возможности имеющихся методов и приборов для исследований. Не способен готовить объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. Не владеет операциями шлифовки, полировки, травления.</p> <p><b>Удовлетворительн</b> Имеет представление об экспериментальных возможностях имеющихся методов и приборов для исследований. Способен готовить простые объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. Частично владеет операциями шлифовки,</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p><b>Удовлетворительн</b> полировки, травления.</p> <p><b>Хорошо</b> Имеет устойчивые, но содержащие отдельные пробелы знания об экспериментальных возможностях имеющихся методов и приборов для исследований. Способен готовить объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. Владеет операциями шлифовки, полировки, травления.</p> <p><b>Отлично</b> Знает техническое устройство и экспериментальные возможности оптических и электронных микроскопов в объеме, достаточном для решения практических задач. Способен самостоятельно выбрать и использовать аппаратуру для выполнения металлографических микроструктурных исследований. Умеет готовить объекты исследования (металлографические шлифы, образцы для электронномикроскопических исследований. В полной мере владеет операциями шлифовки, полировки, травления.</p>

## ПК.2

**Способен проводить, анализировать и оформлять результаты научных исследований по поставленной специалистом более высокой квалификации тематике, владеет навыками использования современной аппаратуры**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.2.1</b> Осуществляет научно-исследовательские разработки по поставленной специалистом более высокой квалификации тематике с использованием современной аппаратуры,</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• принцип действия, назначение и условия работы приборов и оборудования для исследования структуры и элементного состава материалов;</li> <li>• теоретические основы рентгеноструктурного анализа для интерпретации экспериментальных результатов.</li> </ul>	<p><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает теоретических основ рентгеноструктурного анализа, принцип действия, назначение и условия работы приборов и оборудования для исследования структуры и элементного состава материалов.</p> <p>Не умеет пользоваться теоретическими основами кристаллохимии и кристаллографии для описания результатов рентгеноструктурного анализа и</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
синтезирует (анализирует) вещества различной природы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы обработки дифрактограмм.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• формулировать задачи рентгеноструктурного фазового анализа;</li> <li>• пользоваться теоретическими основами кристаллохимии и кристаллографии для описания результатов рентгеноструктурного анализа;</li> <li>• получать и интерпретировать данные о составе и структуре кристаллических материалов.</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами расчета и расшифровки дифрактограмм,</li> <li>• методами оценки степени достоверности экспериментальных результатов.</li> </ul>	<p><b>Неудовлетворител</b></p> <p>интерпретировать данные рентгеноструктурного фазового анализа. Не владеет методами расчета и расшифровки дифрактограмм.</p> <p><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Имеет не структурированные знания об основах рентгеноструктурного анализа как метода исследования кристаллических материалов. Не может в полной мере пользоваться теоретическими основами кристаллохимии и кристаллографии для интерпретации результатов рентгеноструктурного анализа. Совершает ошибки при расчете и расшифровке дифрактограмм.</p> <p><b>Хорошо</b></p> <p>Знает теоретические основы рентгеноструктурного анализа для интерпретации экспериментальных результатов, принцип действия, назначение и условия работы приборов и оборудования для исследования структуры и элементного состава материалов. Владеет методами расчета и расшифровки дифрактограмм, а также может оценивать степень достоверности экспериментальных результатов. Допускает ошибки при расшифровке данных рентгеноструктурного фазового анализа.</p> <p><b>Отлично</b></p> <p>Знает теоретические основы рентгеноструктурного анализа для интерпретации экспериментальных результатов, принцип действия, назначение и условия работы приборов и оборудования для исследования структуры и элементного состава материалов. Умеет формулировать задачи, получать и интерпретировать данные рентгеноструктурного фазового анализа Владеет методами расчета и расшифровки дифрактограмм, а также может оценивать степень достоверности экспериментальных</p>



Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично результатов.

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет**

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов : 100**

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.1.2</b> Выбирает и использует технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения задач НИР, поставленных специалистом более высокой квалификации, готовит объекты исследования <b>ОПК.5.1</b> Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных исследований, наблюдений, измерений в профессиональной деятельности	Трансмиссионная электронная микроскопия. Дифракция электронов. Получение ТЭМ-изображения. Устройство ТЭМ. Подготовка образцов и получаемая информация. <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание особенностей структуры и микроструктуры металлов и сплавов, иерархии дефектов строения металлов, теоретических основ методов металлографии и электронной микроскопии, Умение выбрать соответствующий метод исследования, пользоваться приборами и методиками исследований и подготовки образцов.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ПК.1.2</b> Выбирает и использует технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения задач НИР, поставленных специалистом более высокой квалификации, готовит объекты исследования	Сканирующая электронная микроскопия. Визуализация вторичных электронов и электронов обратного рассеяния. Получение СЭМ-изображения. Устройство СЭМ. Подготовка образцов и получаемая информация. Фрактография. Микрорентгеноспектральный анализ. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Умение пользоваться приборами для металлографических, электронномикроскопических исследований, рентгенофазового анализа. Владение методиками подготовки и проведения экспериментов, обработки получаемых результатов.
<b>ОПК.5.1</b> Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных исследований, наблюдений, измерений в профессиональной деятельности	Итоговый контроль <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание теоретических основ физических методов, используемых в химическом материаловедении (методов металлографии, электронной микроскопии, спектроскопии, рентгеновского микроанализа). Умение выбрать соответствующий метод исследования, пользоваться приборами и методиками. Владеет методиками выполнения экспериментов при использовании физических методах исследования.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

**Трансмиссионная электронная микроскопия. Дифракция электронов. Получение ТЭМ-изображения. Устройство ТЭМ. Подготовка образцов и получаемая информация.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Тест, состоящий из 30 вопросов по оптической, электронной микроскопии, электронной спектроскопии. Оценивается по 1 баллу за каждый правильный и точный ответ, по 0,5 балла за правильный ответ, содержащий отдельные неточности, 0 баллов за неправильный ответ или за отсутствие ответа на вопрос.	30

**Сканирующая электронная микроскопия. Визуализация вторичных электронов и**

**электронов обратного рассеяния. Получение СЭМ-изображения. Устройство СЭМ.  
Подготовка образцов и получаемая информация. Фрактография.  
Микрорентгеноспектральный анализ.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Правильное и точное выполнение лабораторной работы по металлографическим и электронномикроскопическим исследованиям с корректными выводами и оформлением результатов. 4 работы по 6 баллов за каждую работу.	24
Правильный и точный ответ на дополнительные вопросы по теме выполненной лабораторной работы. Всего 6 вопросов по 1 баллу за каждый правильный ответ.	6

**Итоговый контроль**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Тест, состоящий из 20 вопросов по оптической, электронной микроскопии, электронной спектроскопии. Оценивается по 2 балла за каждый правильный и точный ответ, по 1 баллу за правильный ответ, содержащий отдельные неточности, 0 баллов за неправильный ответ или за отсутствие ответа на вопрос.	40

**Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен**

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов : 100**

**Конвертация баллов в отметки**

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 45 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 45 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
----------------------------	----------------------------------	---

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ОПК.5.1</b> Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных исследований, наблюдений, измерений в профессиональной деятельности	Рентгеновские дифрактометры. Виды съемки и типы фокусировки. <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание общих представлений о методах рентгеноструктурного анализа, источниках рентгеновского излучения. Умение оценивать влияние различных параметров на спектры рентгеновского излучения.
<b>ОПК.5.1</b> Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных исследований, наблюдений, измерений в профессиональной деятельности	Качественный и количественный рентгенофазовый анализ. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Знание методов расчета и расшифровки дифрактограмм, умение расшифровывать дифрактограммы и оценивать степень достоверности экспериментальных результатов.
<b>ПК.2.1</b> Осуществляет научно-исследовательские разработки по поставленной специалистом более высокой квалификации тематике с использованием современной аппаратуры, синтезирует (анализирует) вещества различной природы <b>ОПК.5.1</b> Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных исследований, наблюдений, измерений в профессиональной деятельности	Итоговое контрольное мероприятие <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Знание теоретических основ рентгеноструктурного анализа, умение расшифровывать дифрактограммы.

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Рентгеновские дифрактометры. Виды съемки и типы фокусировки.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Тестовые задания с генерацией ответа (15 вопросов по 2 балла за правильный ответ)	30

#### **Качественный и количественный рентгенофазовый анализ.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Выполнение трех лабораторных работ, оформление отчета по выполненным работам	13
Ответы на вопросы, касающиеся выполнения лабораторных работ, используемых методов расчета, техники эксперимента. 3 вопроса по 3 балла.	9
Соответствие полученных результатов в ходе выполнения лабораторных работ заданным значениям, точная и лаконичная формулировка выводов.	8

### **Итоговое контрольное мероприятие**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Ответы на теоретические вопросы. 10 вопросов по 3 балла.	30
Решение двух расчетных задач. 2 задачи по 5 баллов.	10