

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Одобрено на заседании  
УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол № 5-8/2022 от 30.08.2022

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дифракционные методы исследования материалов

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

22.04.01 - Материаловедение и технологии материалов

---

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

Композиты и материалы фотоники

---

Форма обучения: очная

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины – овладение базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, необходимыми для освоения основ дифракционных методов исследования материалов; получение практических навыков работы с современными литературными первоисточниками, включая зарубежные; развитие практических навыков логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь.

Задачи изучения дисциплины – освоить методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов); использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; самостоятельно выполнять исследования на современном оборудовании и приборах для рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии, сканирующей зондовой микроскопии.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части, изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов, Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве, Математическое моделирование и современные проблемы наук о материалах и процессах, Современные задачи в области нанотехнологий.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Научно-исследовательская работа, Производственная практика.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенции	Результаты освоения ООП	Перечень планируемых результатов обучения
ОПК-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов	З-ОПК-1 Знать основы физики конденсированного состояния, современные представления о структуре материалов и технологических процессах получения конструкционных и функциональных материалов; У-ОПК-1 Уметь решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов; В-ОПК-1 владеть навыками исследования материалов и производственной деятельности в области материаловедения
ОПК-2	Способен разрабатывать	З-ОПК-2 Знать перечень основных стандартов

	научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	по оформлению научно-технической документации; У-ОПК-2 Уметь оформлять научно-техническую, проектную и служебную документацию, научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии;
ОПК-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества	З-ОПК-3 Знать основы системы менеджмента качества; У-ОПК-3 Уметь использовать основы системы менеджмента качества в управлении профессиональной деятельностью; В-ОПК-3 Владеть навыками управления профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества.
ОПК-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	З-ОПК-4 Знать перечень основных источников информации, необходимых для проведения научных исследований; У-ОПК-4 Уметь находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности; В-ОПК-4 Владеть навыками поиска и переработки информации, требуемой для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности.
ОПК-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях	З-ОПК-5 Знать основные методы оценки результатов научно-технических разработок, научных исследований; У-ОПК-5 Уметь оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях; В-ОПК-5 Владеть навыками оценки результатов научно-технических разработок, научных исследований и обоснования собственного выбора, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях.
ПК-1	Способен использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов	З-ПК-1 Знать основные методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов; У-ПК-1 Уметь использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов; В-ПК-1 Владеть навыками моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования

ПК-2	Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	З-ПК-2 Знать основные физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании; У-ПК-2 Уметь использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов; В-ПК-2 Владеть навыками проведения комплексных исследований, применяя стандартные и сертификационные испытания.
УКЦ-1	Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде	З-УКЦ-1 Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы; У-УКЦ-1 Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности; В-УКЦ-1 Владеть навыками решения исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий;
УКЦ-2	Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	З-УКЦ-2 Знать основные цифровые платформы, технологи и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении; У-УКЦ-2 Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения; В-УКЦ-2 Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий;

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих: - формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением различного вида; - формирование культуры безопасности при работе с высокомошными экспериментальными и промышленными установками.	Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования культуры безопасности лазерного излучения посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с лазерным

	<p>оборудованием;  - формирования культуры безопасности при работе на высокомоощных экспериментальных и промышленных установках, которые имеют повышенный уровень опасности через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе на оборудовании для исследования высокотемпературной плазмы.</p>
--	---

**Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:**

1. Организация научно-практических конференций, встреч с выдающимися учеными и ведущими представителями отраслей в области лазерных и плазменных технологий, круглых столов, и прикладной математики.
2. Участие в студенческих олимпиадах и студенческих конкурсах, конкурсах профессионального мастерства, студенческих научных обществах и объединениях, а также летних школах.
3. Участие в подготовке публикаций в высокорейтинговых международных журналах.
4. Проведение научного семинара студентов и аспирантов отделения лазерных и плазменных технологий.

**5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Вид работы	Форма обучения
	Очная
	Семестр
	№ 3
Количество часов на вид работы:	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>48</b>
В том числе:	
<i>лекции (лекции в интерактивной форме)</i>	8
<i>практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)</i>	24
<i>лабораторные занятия</i>	16
<b>Промежуточная аттестация</b>	
В том числе:	
<i>зачет</i>	<b>36</b>

<i>экзамен</i>	
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>	<b>132</b>
В том числе:	
<i>Подготовка к семинарским занятиям</i>	32
<i>Подготовка к выполнению лабораторных работ, оформлению отчета</i>	20
<i>Подготовка к экзамену</i>	80
<b>Всего (часы):</b>	<b>216</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>6</b>

*Примерные нормы времени на выполнение студентами  
внеаудиторной самостоятельной работы*

<i>Вид самостоятельной работы</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Норма времени, ак. ч</i>
<b>1. Выполнение:</b>		
– курсового проекта	<i>1 проект</i>	45-50
– курсовой работы	<i>1 работа</i>	25-35
– домашнего задания	<i>1 задание</i>	3-10
<b>2. Решение отдельных задач</b>	<i>1 задача</i>	0,5
<b>3. Проработка</b>		
– конспекта лекций	<i>1 п. л.</i>	0,5-1
– учебников, учебных пособий и обязательной литературы (материал излагается в лекциях)	<i>1 п. л.</i>	3-4
– учебников, учебных пособий и обязательной литературы (материал не излагается на лекциях)	<i>1 п. л.</i>	3-4
– специальной методической литературы	<i>1 п. л.</i>	5-15
<b>4. Изучение первоисточников:</b>		
– с составлением плана	<i>1 п. л.</i>	1-2
– с составлением конспекта	<i>1 п. л.</i>	4-5
<b>5. Написание реферата</b>	<i>1 реферат</i>	10-15
<b>6. Составление обзора литературы</b>	<i>обзор, 1 п. л.</i>	15-20
<b>7. Подготовка:</b>		
– к семинарским занятиям,	<i>1 занятие</i>	2-2,5
– к выполнению лабораторной работы, оформлению отчета	<i>4-х часовая аудиторная работа</i>	1-2 самостоятельной работы
– к коллоквиуму	<i>1 коллоквиум</i>	5-7

<i>– к контрольной работе</i>	<i>1 работа</i>	<i>2-3</i>
<b>8. Перевод текста с иностранного языка</b>	<i>1000 знаков</i>	<i>1-2</i>

*Примечание – 1 п. л. соответствует в среднем 16 страницам учебника (учебного пособия) обычного формата или 40 000 знаков.*

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

### 6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)				
		Очная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	<b>Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии</b>	1	4	2		18
2.	<b>Основные методы рентгеноструктурного анализа</b>	1	4	2		18
3.	<b>Рентгеноанализ твердых растворов</b>	1	4	2		18
4.	<b>Применение дифракции электронов и нейтронов в структурном анализе</b>	1	4	2		20
5.	<b>Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия</b>	1	4	2		20
6.	<b>Основные задачи, решаемые дифракционными методами</b>	1	4	3		12
7.	<b>Электронно-оптические и другие микроскопические методы изучения состава и структуры</b>	2	4	3		18
	<b>Итого за 1 семестр:</b>	8	24	16		132
	<b>Всего:</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>16</b>		<b>132</b>

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

## 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	<b>Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии</b>	Природа рентгеновских лучей. Спектры рентгеновского излучения. Поглощение рентгеновских лучей веществом. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Регистрация рентгеновского излучения.
2.	<b>Основные методы рентгеноструктурного анализа</b>	Построение Эвальда. Метод Лауэ. Метод вращения монокристалла. Метод поликристалла. Рентгеновская дифрактометрия. Индицирование рентгенограмм. Прецизионные измерения периодов решетки.
3.	<b>Рентгеноанализ твердых растворов</b>	Определение типа твердого раствора. Построение диаграмм фазового равновесия. Анализ состава твердого раствора. Изучение упорядочения твердого раствора.
4.	<b>Применение дифракции электронов и нейтронов в структурном анализе</b>	Особенности рассеяния электронов и нейтронов веществом. Основные области использования электронографии и нейтронографии.
5.	<b>Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия</b>	Эффект Мессбауэра. Методика получения мессбауэровских спектров. Характеристические величины: изомерный сдвиг, магнитное расщепление, квадрупольное расщепление, температурный сдвиг. Сверхтонкие взаимодействия и возможности мессбауэровской спектроскопии в физике твердого тела.
6.	<b>Основные задачи, решаемые дифракционными методами</b>	Качественный и количественный рентгенофазовый анализ, их возможности и ограничения. Пользование базой данных PDF-2, программами OUTSET и DDView. Индицирование рентгенограмм моно- и поликристаллов. Квадратичные формулы для различных сингоний. Программы для индицирования и уточнения параметров. Текстуры и методы их исследования. Значение текстур в материаловедении. Исследование текстур фотометодом и на дифрактометре общего назначения: качественное выявление характера и индексов текстуры, определение степени ориентации в текстурах укладки. Элементы структурного анализа кристаллов. Основные этапы и основные проблемы расшифровки структуры. Систематические погасания и определение дифракционной группы. Интенсивности дифракционных максимумов. Множители поглощения, повторяемости, атомные множители рассеяния и тепловые параметры. Структурные факторы. Уточнение структуры, критерии достоверности расшифровки.
7.	<b>Электронно-оптические и другие</b>	Эмиссионная электронная микроскопия. Электронный и ионный проекторы. Принципы некоторых специальных

<b>микроскопические методы изучения состава и структуры</b>	методов микроскопии: туннельная, атомно-силовая, рентгеновская дифракционная и абсорбционная микроскопия. Методы изучения элементного состава микрообъемов: микрорентгеноспектральный анализ, Оже-спектроскопия, масс-спектроскопия вторичных ионов.
---	---

*Практические/семинарские занятия*

<b>№</b>	<b>Наименование раздела /темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1.	<b>Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии</b>	Природа рентгеновских лучей. Спектры рентгеновского излучения. Поглощение рентгеновских лучей веществом. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Регистрация рентгеновского излучения.
2.	<b>Основные методы рентгеноструктурного анализа</b>	Построение Эвальда. Метод Лауэ. Метод вращения монокристалла. Метод поликристалла. Рентгеновская дифрактометрия. Индицирование рентгенограмм. Прецизионные измерения периодов решетки.
3.	<b>Рентгеноанализ твердых растворов</b>	Определение типа твердого раствора. Построение диаграмм фазового равновесия. Анализ состава твердого раствора. Изучение упорядочения твердого раствора.
4.	<b>Применение дифракции электронов и нейтронов в структурном анализе</b>	Особенности рассеяния электронов и нейтронов веществом. Основные области использования электронографии и нейтронографии.
5.	<b>Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия</b>	Эффект Мессбауэра. Методика получения мессбауэровских спектров. Характеристические величины: изомерный сдвиг, магнитное расщепление, квадрупольное расщепление, температурный сдвиг. Сверхтонкие взаимодействия и возможности мессбауэровской спектроскопии в физике твердого тела.
6.	<b>Основные задачи, решаемые дифракционными методами</b>	Качественный и количественный рентгенофазовый анализ, их возможности и ограничения. Пользование базой данных PDF-2, программами OUTSET и DDView. Индицирование рентгенограмм моно- и поликристаллов. Квадратичные формулы для различных сингоний. Программы для индицирования и уточнения параметров. Текстуры и методы их исследования. Значение текстур в материаловедении. Исследование текстур фотометодом и на дифрактометре общего назначения: качественное выявление характера и индексов текстуры, определение степени ориентации в текстурах укладки. Элементы структурного анализа кристаллов. Основные этапы и основные проблемы расшифровки структуры. Систематические погасания и определение дифракционной группы. Интенсивности дифракционных максимумов. Множители поглощения,

		повторяемости, атомные множители рассеяния и тепловые параметры. Структурные факторы. Уточнение структуры, критерии достоверности расшифровки.
7.	<b>Электронно-оптические и другие микроскопические методы изучения состава и структуры</b>	Эмиссионная электронная микроскопия. Электронный и ионный проекторы. Принципы некоторых специальных методов микроскопии: туннельная, атомно-силовая, рентгеновская дифракционная и абсорбционная микроскопия. Методы изучения элементного состава микрообъемов: микрорентгеноспектральный анализ, Оже-спектроскопия, масс-спектроскопия вторичных ионов.

### *Лабораторные занятия*

<b>№</b>	<b>Наименование раздела /темы дисциплины</b>	<b>Название лабораторной работы</b>
1.	<b>Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии</b>	Рентгентехника. Изучение устройства рентгеновских трубок и аппаратов
2.	<b>Основные методы рентгеноструктурного анализа</b>	Изучение устройства рентгеновского дифрактометра, приготовление образца и съемка дифрактограммы.
3.	<b>Рентгеноанализ твердых растворов</b>	Количественный фазовый рентгеноструктурный анализ. Построение границы растворимости для бинарной системы.
6.	<b>Основные задачи, решаемые дифракционными методами</b>	Индексирование рентгенограмм и определение размеров элементарной ячейки.
7.	<b>Электронно-оптические и другие микроскопические методы изучения состава и структуры</b>	Металлографический анализ материалов.

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

1. Антошина И.А., Хмелевская В.С. Учебное пособие по курсу «Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия». - Обнинск: ИАТЭ, 2009. – 86с.
2. Антошина И.А., Богданов Н.Ю. Лабораторный практикум по курсу «Методы исследования материалов и процессов». - Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2010. – 32с.

3. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия», ИАТЭ НИЯУ МИФИ – каф. Материаловедения.

## 8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 8.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
<b>Текущий контроль, 3 семестр</b>			
1	Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии. Основные методы рентгеноструктурного анализа. Рентгеноанализ твердых растворов	ПК-1 Способен использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов; ПК-2 Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания; УКЦ-1 Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде; УКЦ-2 Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования;	Коллоквиум 1 (Кл.-1)
2	Основные задачи, решаемые дифракционными методами. Электронно-оптические и другие микроскопические методы изучения состава и структуры	ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов; ОПК-2 Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры,	Коллоквиум 2 (Кл.-2)

		<p>публикации, рецензии;</p> <p>ОПК-3 Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества;</p> <p>ОПК-4 Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности;</p> <p>ОПК-5 Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях;</p>	
<b>Промежуточный контроль</b>			
Зачёт с оценкой		<p>ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов;</p> <p>ОПК-2 Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии;</p> <p>ОПК-3 Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества;</p> <p>ОПК-4 Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности;</p> <p>ОПК-5 Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях;</p> <p>ПК-1 Способен использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для</p>	Вопрос к зачёту

		<p>оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов;</p> <p>ПК-2 Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания;</p> <p>УКЦ-1 Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде;</p> <p>УКЦ-2 Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования;</p>	
--	--	--	--

**8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**8.2.1. Зачет**

а) типовые вопросы (задания):

1. Качественный рентгеновский фазовый анализ.
2. Атомно-силовая микроскопия.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- использование знаний о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях
- понимание физической природы описываемых явлений,
- применение методов анализа и диагностики для исследования структуры и свойств материалов

в) описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
36-40	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;</li> <li>- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;</li> <li>- правильно формулировать определения;</li> <li>- продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;</li> <li>- уметь сделать выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>
30-35	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;</li> <li>- продемонстрировать знание основных теоретических понятий;</li> <li>достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;</li> <li>- продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;</li> <li>- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>
24-29	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</li> <li>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</li> <li>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li> <li>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</li> </ul>
23 и меньше	<p>Студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- незнание значительной части программного материала;</li> <li>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;</li> <li>- существенные ошибки при изложении учебного материала;</li> <li>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li> <li>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>

### 8.2.2. Коллоквиум №1

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Возникновение характеристических рентгеновских лучей.
2. Рентгенографический метод определения типа твердого раствора.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

**Отметка «отлично»** (в баллах от 28 до 30) ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

**Отметка «хорошо»** (в баллах от 23 до 27) ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

**Отметка «удовлетворительно»** (в баллах от 18 до 22) ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

**Отметка «неудовлетворительно»** (в баллах до 17) ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

### **8.2.3. Коллоквиум №2**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Применение электронографии для исследования структуры материалов.
2. Основные характеристики мессбауэровских спектров.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

**Отметка «отлично»** (в баллах от 28 до 30) ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

**Отметка «хорошо»** (в баллах от 23 до 27) ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

**Отметка «удовлетворительно»** (в баллах от 18 до 22) ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

**Отметка «неудовлетворительно»** (в баллах до 17) ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

### ***8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций***

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (Коллоквиум № 1) и контрольная точка № 2 (Коллоквиум № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1		

	Коллоквиум № 1.	18	30
	<b>Контрольная точка № 2</b>		
	Коллоквиум № 2.	17	30
<b>Промежуточный</b>	<b>Экзамен</b>		
	Билеты к экзамену.	25	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Перед каждой процедурой оценивания знаний проводится устный опрос на практическом занятии и затрагивает как тематику лекционного материала, так и типовые задания коллоквиумов. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Экзамен предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний.

Оценка сформированности компетенций на экзамене для тех обучающихся, которые не набрали необходимого количества баллов (60) по оценочным средствам, пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций с помощью оценочных средств текущего контроля во время изучения дисциплины, проводится после дополнительной проверки компетенций преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на дополнительных занятиях.

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***а) основная учебная литература:***

1. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: в 7 т. /Под общей ред. Б.А. Калина. – Том 3. Методы исследования структурно-фазового состояния материалов/ Н.В. Волков, В.И. Скритный, В.П. Филиппов, В.Н. Яльцев. – М.: МИФИ, 2012. – 800 с. 50 экз.
2. Уманский Я.С. Рентгенография металлов и полупроводников. - М.: изд-во "Металлургия". - 1969. - 496 с.
3. С.С.Горелик, Л.Н.Расторгуев, Ю.А.Скаков. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М.: МИСиС, 2002.-360с.
4. Металловедение и термическая обработка стали. Справочник под ред. М.Л.Бернштейна и А.Г.Рахштадта. М.: Металлургия. 1991. Т.1, 352 с. (5 экз. в библи.)
5. Д. Брандон, У. Каплан. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. Москва: Техносфера, 2004. – 384с.

**б) дополнительная учебная литература:**

1. Я.С.Уманский, Ю.А.Скаков, А.Н.Иванов, Л.Н.Расторгуев. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия. 1982. 631 с.
2. Русаков А.А. Рентгенография металлов. М.: Атомиздат, 1977, 480 с.
3. Русаков А.А., Яльцев В.Н. Основы рентгенографии металлов. Ч.1, М.: МИФИ, 1994, 172 с.
4. Методы анализа поверхностей. Под ред. Зандерна А. - М.: Мир. - 1979. - 582с.

**10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Международный центр дифракционных данных [Официальный сайт]. — URL: <http://www.icdd.com>
2. COD (Crystallography Open Database) - база данных кристаллических структур органических, неорганических, металло-органических соединений и минералов, за исключением биополимеров — URL: <http://www.crystallography.net>
3. Сайт Международного Союза Кристаллографов (International Union of Crystallography) — URL: <http://www.iucr.org>

**11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При подготовке к практическим занятиям рекомендуется проработать соответствующие темы лекционного курса, а также ознакомиться с литературой.

При изучении темы ***Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии*** обратить внимание на:

- физику рентгеновских лучей,
- механизмы поглощения рентгеновских лучей веществом,
- явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество,
- источники рентгеновского излучения,
- методы регистрации рентгеновского излучения.

При изучении темы ***Основные методы рентгеноструктурного анализа*** обратить внимание на:

- метод порошков: геометрия съемки, плоская и цилиндрическая съемка, симметричная и асимметричная закладка пленки, приготовление образцов,
- задачи, решаемые методом Лауэ,
- применение метода вращения монокристалла,
- метод рентгеновской дифрактометрии: точность определения межплоскостных расстояний, индентирование рентгенограмм в случае известной и неизвестной ячейки, учет ошибок.

При изучении темы ***Рентгеноанализ твердых растворов*** обратить внимание на:

- рентгенографическое определение типа твердого раствора,
- рентгенографическое построение границы растворимости,
- исследование упорядочения твердых растворов.

При изучении темы ***Применение дифракции электронов и нейтронов в структурном анализе*** обратить внимание на:

- сравнительную характеристику методов электронографии и нейтронографии по отношению к рентгенографии,
- преимущества и недостатки,
- область применения.

При изучении темы ***Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия*** обратить внимание на:

- взаимодействие гамма излучения с веществом,
- область применения и задачи, решаемые методом.

При изучении темы ***Электронно-оптические и другие микроскопические методы изучения состава и структуры*** обратить внимание на:

- устройство электронного микроскопа,
- приготовление образцов для электронной микроскопии,
- особенности применения ПЭМ и РЭМ при исследовании материалов,
- особенности применения СЗМ для исследования микроструктуры материалов.

При подготовке к выполнению ***лабораторных работ*** ознакомиться с теоретической и экспериментальной частью работы, проработать контрольные вопросы:

1. Рентготехника. Изучение устройства рентгеновских трубок и аппаратов.
2. Изучение устройства рентгеновского дифрактометра.
3. Приготовление образца и съемка дифрактограммы.
4. Количественный фазовый рентгеноструктурный анализ.
5. Построение границы растворимости для бинарной системы.
6. Индексирование рентгенограмм и определение размеров элементарной ячейки.
7. Рентгеновский анализ текстуры волочения.

## **12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)**

### ***12.1. Перечень информационных технологий***

- Консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

### ***12.2. Перечень программного обеспечения***

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «Windows Media

Player»).

– Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).

### **13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Лаборатория рентгеновского анализа.
2. Рентгеновские аппараты “ ДРОН-7М, ДРОН-8.0”.
3. Электронный микроскоп (ГНЦ РФ ФЭИ).
4. Лаборатория металлографического анализа.
5. Лаборатория термического анализа.
6. Лаборатория микроскопических исследований.

### **14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ**

#### ***14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине***

- Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций, практических занятий и лабораторных работ) в сочетании с внеаудиторной работой студента.
- При изложении всех разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями.
- Систематические индивидуальные консультации.
- Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий.

#### ***14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки***

Самостоятельная работа обучающихся состоит в проработке лекционного курса и учебно-методической литературы при подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам.

Контроль самостоятельной работы осуществляется при проведении практических занятий, рейтинговом контроле, а также при выполнении и защите лабораторных работ.

#### ***14.3. Краткий терминологический словарь***