

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  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия*

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов

---

*код и название*

образовательная программа

«Плазменные и лазерные технологии материалов»

Форма обучения: очная

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель дисциплины – понимание основных закономерностей геометрической и физической кристаллографии, основанных на проявлении симметрии в строении кристаллов и в их физических свойствах; приобретение навыков выбирать и использовать методы анализа состава и структуры материалов; необходимые приемы обработки экспериментальных результатов микроструктурных, дифракционных и спектрографических измерений и их анализ; получение теоретических и практических знаний основ рентгенографии.

Задачи дисциплины – определять классы материалов по структуре, свойствам и назначению; уметь сформулировать необходимый комплекс их эксплуатационных и технологических свойств; выбирать и использовать методы анализа состава и структуры материалов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) БАКАЛАВРИАТА**

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: физика, химия, математический анализ, аналитическая геометрия, теоретическая механика и теория упругости, фазовые равновесия и структурообразование.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: материаловедение и технологии материалов фотоники, механика материалов, математическое моделирование физических процессов, производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика, производственная практика: научно- исследовательская работа.

Дисциплина изучается на 3, 4 курсах в 5, 6, 7 семестрах.

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

В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<b>Код компетенций</b>	<b>Наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<p>3-УК-1 Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа</p> <p>У-УК-1 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников</p> <p>В-УК-1 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач</p>
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, общепрофессиональные и естественнонаучные знания	<p>3-ОПК-1 знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы</p> <p>У-ОПК-1 уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера;</p> <p>В-ОПК-1 владеть навыками моделирования, математического анализа, а также решать задачи в области естественнонаучных и общепрофессиональных знаний.</p>
ОПК-4	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	<p>3-ОПК-4 знать основные методы проведения экспериментальных исследований, контроля и диагностики;</p> <p>У-ОПК-4 уметь пользоваться современными средствами измерения, контроля и обработки экспериментальных данных;</p> <p>В-ОПК-4 владеть навыками выбора методик и оборудования для проведения экспериментальных исследований и измерений, а также обработки и представления полученных экспериментальных данных.</p>

ПК-1	Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	3-ПК-1 знать основные методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; У-ПК-1 уметь использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; В-ПК-1 владеть навыками исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.
ПК-2	Способен использовать на практике современные представления о влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	3-ПК-2 знать основные представления о структуре материалов и влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; У-ПК-2 уметь анализировать влияние структуры материалов на их свойства, а также ее эволюцию при взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; В-ПК-2 владеть практическими навыками анализа эволюции структурно-фазового состояния материалов при взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями и влияния этой эволюции на свойства материалов.
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах,	3-УКЕ-1 Знать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 Уметь использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 Владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

ПК-3	способен работать на научно-исследовательском и технологическом оборудовании в соответствии с правилами техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда	З-ПК-3 знать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда; У-ПК-3 уметь использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда; В-ПК-3 владеть навыками работы на современном аналитическом и технологическом оборудовании.
ПК-4	Способен использовать на производстве знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях в области материаловедения	З-ПК-4 знать основные и новые технологические процессы и операции в области материаловедения; У-ПК-4 уметь использовать на производстве знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях в области материаловедения В-ПК-4 владеть навыками использования на производстве традиционных и новых технологических процессов и операций.
ОПК-5	Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств	З-ОПК-5 знать основные прикладные аппаратно- программные средства, применяемые для решения научно-исследовательских задач в области профессиональной деятельности; У-ОПК-5 уметь пользоваться типовыми аппаратно-программными средствами для решения научно-исследовательских задач в области профессиональной деятельности; В-ОПК-5 владеть навыками использования стандартных пакетов прикладных программ для решения научно-исследовательских задач.

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Направления/цели воспитания</b>	<b>Задачи воспитания (код)</b>	<b>Воспитательный потенциал дисциплин</b>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих: - формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением различного вида; - формирование культуры безопасности при работе с высокомоощными 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 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.

#### **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	Количество часов на вид работы по семестрам:			
	№ 5	№ 6	№ 7	Всего
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>				
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	48	72	192
В том числе:				
<i>лекции</i>	32	16	32	80
<i>практические занятия</i>	32	16	32	80
<i>лабораторные занятия</i>	-	16	-	16
<b>Промежуточная аттестация</b>				
В том числе:				
<i>экзамен</i>	36	36	36	108
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	152	8	44	<b>204</b>
<b>Всего (часы):</b>	<b>252</b>	<b>108</b>	<b>144</b>	<b>504</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>14</b>

**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)**

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
	<b>1. Кристаллография</b>					
1-8	1.1 Геометрия кристаллического пространства	8	8			38
9-12	1.2 Точечная симметрия твёрдых тел	8	8			38
13-14	1.3 Пространственная симметрия кристаллических структур	8	8			38
15-16	1.4 Основы кристаллохимии	8	8			38
	<b>Итого за 5 семестр:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>			<b>152</b>
	<b>2. Рентгенография</b>					
1-2	2.1 Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии	1	1	4		2
3-4	2.4 Интенсивность дифракционных максимумов	1	1	2		2

5-6	2.5 Исследование твердых растворов	1	1	-		2
7-8	2.8 Применение дифракции электронов и нейтронов в структурном анализе	1	1	-		2
	<b>Итого за 6 семестр:</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>8</b>
	<b>3. Электронная микроскопия</b>					
1-3	3.1 Электронно-оптические и другие микроскопические методы изучения состава и структуры	6	6			8
4-6	3.2 Просвечивающая электронная микроскопия	6	6			8
7-9	3.3 Растровая электронная микроскопия	6	6			8
10-12	3.4 Сканирующая зондовая микроскопия	6	6			8
13-16	3.5 Специальные методы рентгеновского анализа структуры	8	8			12
	<b>Итого за 7 семестр:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>			<b>44</b>
	<b>Всего:</b>	<b>152</b>	<b>8</b>	<b>44</b>		<b>204</b>

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

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

### Лекционный курс

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1-8</b>	<b>1. Кристаллография</b>	
1-8	1.1 Геометрия кристаллического пространства	Предмет, роль и место физической кристаллографии в системе наук о материалах. Основные определения и понятия кристаллографии. Идеальное кристаллическое пространство и его свойства. Кристаллическая решётка и кристаллическая структура, способы их описания. Примитивная и непримитивная кристаллические элементарные ячейки, их основные характеристики (параметры), базис. Индексы узлов, узловых рядов и плоскостей. Понятие о структуре реальных кристаллов. Ячейка Вигнера-Зейтца. Обратная решетка кристалла. Зона Бриллюэна. Примеры построения векторов обратной решётки и зоны Бриллюэна для примитивной кубической, ОЦК и ГЦК решеток. Первая и вторая основные теоремы решетчатой кристаллографии. Основные формулы структурной (геометрической) кристаллографии. Условие
		параллельности узлового ряда и плоскости. Зона плоскостей, ось зоны, закон зон. Кристаллографические проекции. Градусные сетки. Применение метода кристаллографических проекций для представления структуры кристаллов.

9-12	1.2 Точечная симметрия твёрдых тел	<p>Симметрия конечных фигур и молекул, основные способы ее описания. Точечная (закрытая) симметрия кристаллов. Первичные преобразования точечной симметрии и их комбинации. Преобразования симметрии как преобразования координат. Примеры (тождественное, плоскости симметрии, повороты, инверсия). Матричные представления операций точечной симметрии. Операции первого и второго рода. Определение элементов матрицы операции симметрии. Нахождение матриц операций симметрии для ряда частных случаев. Точечные операции симметрии, относительно которых инвариантна бесконечная кристаллическая решётка. Элементарные углы поворотов и порядки осей симметрии кристаллических решёток. Основные положения теории кристаллографических групп. Таблицы умножения (квадраты Кели) группы. Изоморфизм и гомоморфизм групп. Точечная симметрия и группа симметрии. Основные элементы и операции точечной симметрии. Способы их обозначения. Стандартные обозначения элементов симметрии конечных фигур и точечных кристаллографических групп на стереографической проекции. Порождающие элементы симметрии. Основные способы умножения операций точечной симметрии. Циклические группы, порождаемые кристаллографическими зеркальными и инверсионными поворотами. Теорема об умножении операций отражения в двух плоскостях симметрии и следствия из неё. Теорема об умножении поворотов вокруг двух пересекающихся осей симметрии (теорема Эйлера). Теорема об умножении поворотов вокруг двух пересекающихся осей симметрии 2-го порядка и следствия из неё. Теорема об умножении отражения в плоскости и поворота вокруг оси симметрии 2-го порядка и следствия из неё. Некубические кристаллографические точечные группы симметрии с одной поворотной и зеркально-поворотной осью. Некубические кристаллографические точечные группы симметрии с двумя генераторами. Некубические кристаллографические точечные группы симметрии с тремя генераторами. Кубические кристаллографические точечные группы</p>
------	------------------------------------	---

		<p>симметрии. Особое направление в кристаллическом пространстве и его порядок. Кристаллографические категории, системы и сингонии. Элементы и группы симметрии равностороннего треугольника, тетрагональной пирамиды, тетраэдра, куба, октаэдра, пентагон-додекаэдра, икосаэдра, сферы, цилиндра, конуса. Тетраэдрический, октаэдрический и икосаэдрический наборы осей симметрии. Кристаллы триклинной и моноклинной сингоний. Кристаллы ромбической и тетрагональной сингоний. Кристаллы гексагональной и кубической сингоний. Принципы обозначения точечных групп (международные и по Шенфлису). Влияние точечной симметрии кристалла на геометрию кристаллической решётки. Кристаллографическая и кристаллофизическая системы координат. Выбор (установка) кристаллографической системы координат для каждой сингонии. Предельные группы точечной симметрии. Общие представления о симметрии физических свойств и явлений. Взаимосвязь различных характеристик кристаллов с их точечной симметрией. Физические свойства кристаллов как скаляры, векторы и тензоры (примеры). Симметрия составных фигур. Суперпозиция групп симметрии. Принцип Кюри.</p> <p>Простые формы кристаллов.</p>
13-14	1.3 Пространственная симметрия кристаллических структур	<p>Пространственная симметрия кристаллов. Решётки Бравэ. Соотношения между примитивными и центрированными элементарными ячейками Бравэ. Операторный метод описания операций симметрии кристаллического пространства. Произведение операторов, обратный оператор. Операции симметрии атомных структур кристаллов. Зеркальные и скользящие отражения. Графические изображения зеркальных и скользящих плоскостей симметрии. Обычные и винтовые повороты. Графические изображения винтовых осей симметрии. Инверсионные и зеркальные повороты. Умножение операций пространственной симметрии кристаллических структур. Пространственные (фёдоровские) группы симметрии кристаллических структур. Символы пространственных групп. Графики пространственных групп.</p>
15-16	1.4 Основы кристаллохимии	<p>Типы, энергия, радиус действия, направление химической связи в кристаллах. Принцип, виды и симметрия плотнейших упаковок. Полиэдрический метод описания кристаллических структур. Координационные числа и координационные многогранники. Координаты, число, симметрия и максимальные размеры октаэдрических пустот в</p>

		плотнейших упаковках. Координаты, число, симметрия и максимальные размеры тетраэдрических пустот в плотнейших упаковках. Структурные типы кристаллов химических элементов. Структурные типы соединений с формулами $A_nX$ , $A_2X$ , $AX_2$ , $A_mB_nC_k$ (перовскита, шпинели). Полиморфизм. Изоморфизм. Морфотропия. Аллотропные модификации углерода. Твердые растворы. Структурные характеристики аморфных твёрдых тел. Структура жидких кристаллов.
<b>2. Рентгенография</b>		
1-2	2.1 Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии	Природа рентгеновских лучей. Спектры рентгеновского излучения. Поглощение рентгеновских лучей веществом. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Регистрация рентгеновского излучения.
3-4	2.2 Рассеяние рентгеновских лучей кристаллами	Рассеяние свободным электроном. Когерентное рассеяние атомами. Обратная решетка. Связь размера и формы узла обратной решетки с размерами и формой кристалла. Рассеяние рентгеновских лучей элементарной ячейкой. Правила погасания.
5-6	2.3 Основные методы рентгеноструктурного анализа	Построение Эвальда. Метод Лауэ. Метод вращения. Метод поликристалла. Рентгеновская дифрактометрия. Индексирование рентгенограмм. Прецизионные измерения периодов решетки.
7-8	2.4 Интенсивность дифракционных максимумов	Интегральная интенсивность отражения от поликристалла. Угловой множитель интенсивности. Абсорбционный множитель. Влияние тепловых колебаний на интенсивность максимумов. Структурный множитель интенсивности. Множитель повторяемости.
9-10	2.5 Исследование твердых растворов	Определение типа твердого раствора. Построение диаграмм фазового равновесия. Анализ состава твердого раствора. Изучение упорядочения твердого раствора. Анализ термической обработки стали.
11-12	2.6 Анализ структурных дефектов при деформации	Рентгеноанализ макронапряжений. Рентгеноанализ микронапряжений. Классификация кристаллических дефектов по эффектам на рентгенограммах. Анализ формы линий.
13-14	2.7 Рентгенографический анализ текстур	Классификация текстур. Рентгеноанализ аксиальных текстур. Построение полюсных фигур.
15-16	2.8 Применение дифракции электронов и нейтронов в структурном анализе	Особенности рассеяния электронов и нейтронов веществом. Основные области использования электронографии и нейтронографии.
<b>3. Электронная микроскопия</b>		
1-3	3.1 Электронно-оптические и другие микроскопические методы изучения состава и структуры	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.
4-6	3.2 Просвечивающая электронная микроскопия	Устройство электронного микроскопа. Особенности формирования контраста в электронном микроскопе. Анализ точечных электронограмм. Анализ структурных несовершенств с помощью просвечивающей электронной микроскопии.
7-9	3.3 Растровая электронная микроскопия	Устройство растрового электронного микроскопа. Растровая электронная микроскопия: принцип формирования изображения, контраст и разрешение, изображение во вторичных, отраженных и поглощенных электронах)
10-12	3.4 Сканирующая зондовая микроскопия	Основные этапы развития СЗМ. Техника сканирующей зондовой микроскопии. Формирование и обработка СЗМ изображений. Методы сканирующей зондовой микроскопии.
13-16	3.5 Специальные методы рентгеновского анализа структуры	Диффузное рассеяние рентгеновских лучей. Изучение структуры аморфных твердых и жидких сплавов. Анализ ближнего порядка в твердых растворах. Изучение микронеоднородности вещества с помощью малоуглового рассеяния рентгеновских лучей и нейтронов.

*Практические/семинарские занятия*

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1-8</b>	<b>1. Кристаллография</b>	
1-8	1.1 Геометрия кристаллического пространства	Предмет, роль и место физической кристаллографии в системе наук о материалах. Основные определения и понятия кристаллографии. Идеальное кристаллическое пространство и его свойства. Кристаллическая решётка и кристаллическая структура, способы их описания. Примитивная и непримитивная кристаллические элементарные ячейки, их основные характеристики (параметры), базис. Индексы узлов, узловых рядов и плоскостей. Понятие о структуре реальных кристаллов. Ячейка Вигнера-Зейтца. Обратная решетка кристалла. Зона Бриллюэна. Примеры построения векторов обратной решётки и зоны Бриллюэна для примитивной кубической, ОЦК и ГЦК решеток. Первая и вторая основные теоремы решетчатой кристаллографии. Основные формулы структурной (геометрической) кристаллографии. Условие параллельности узлового ряда и плоскости. Зона плоскостей, ось зоны, закон зон. Кристаллографические проекции. Градусные

		сетки. Применение метода кристаллографических проекций для представления структуры кристаллов.
9-12	1.2 Точечная симметрия твёрдых тел	<p>Симметрия конечных фигур и молекул, основные способы ее описания. Точечная (закрытая) симметрия кристаллов. Первичные преобразования точечной симметрии и их комбинации. Преобразования симметрии как преобразования координат. Примеры (тождественное, плоскости симметрии, повороты, инверсия). Матричные представления операций точечной симметрии. Операции первого и второго рода. Определение элементов матрицы операции симметрии. Нахождение матриц операций симметрии для ряда частных случаев. Точечные операции симметрии, относительно которых инвариантна бесконечная кристаллическая решётка. Элементарные углы поворотов и порядки осей симметрии кристаллических решёток. Основные положения теории кристаллографических групп. Таблицы умножения (квадраты Кели) группы. Изоморфизм и гомоморфизм групп. Точечная симметрия и группа симметрии. Основные элементы и операции точечной симметрии. Способы их обозначения. Стандартные обозначения элементов симметрии конечных фигур и точечных кристаллографических групп на стереографической проекции. Порождающие элементы симметрии. Основные способы умножения операций точечной симметрии. Циклические группы, порождаемые кристаллографическими зеркальными и инверсионными поворотами. Теорема об умножении операций отражения в двух плоскостях симметрии и следствия из неё. Теорема об умножении поворотов вокруг двух пересекающихся осей симметрии (теорема Эйлера). Теорема об умножении поворотов вокруг двух пересекающихся осей симметрии 2-го порядка и следствия из неё. Теорема об умножении отражения в плоскости и поворота вокруг оси симметрии 2-го порядка и следствия из неё. Некубические кристаллографические точечные группы симметрии с одной поворотной и зеркально-поворотной осью. Некубические кристаллографические точечные группы симметрии с двумя генераторами. Некубические кристаллографические точечные группы симметрии с тремя генераторами. Кубические кристаллографические точечные группы симметрии. Особое направление в кристаллическом пространстве и его порядок. Кристаллографические категории, системы и</p>

		<p>сингонии. Элементы и группы симметрии равностороннего треугольника, тетрагональной пирамиды, тетраэдра, куба, октаэдра, пентагон-додекаэдра, икосаэдра, сферы, цилиндра, конуса. Тетраэдрический, октаэдрический и икосаэдрический наборы осей симметрии. Кристаллы триклинной и моноклинной сингоний. Кристаллы ромбической и тетрагональной сингоний. Кристаллы гексагональной и кубической сингоний. Принципы обозначения точечных групп (международные и по Шенфлису). Влияние точечной симметрии кристалла на геометрию кристаллической решётки. Кристаллографическая и кристаллофизическая системы координат. Выбор (установка) кристаллографической системы координат для каждой сингонии. Предельные группы точечной симметрии. Общие представления о симметрии физических свойств и явлений. Взаимосвязь различных характеристик кристаллов с их точечной симметрией. Физические свойства кристаллов как скаляры, векторы и тензоры (примеры). Симметрия составных фигур. Суперпозиция групп симметрии. Принцип Кюри.</p> <p>Простые формы кристаллов.</p>
13-14	1.3 Пространственная симметрия кристаллических структур	<p>Пространственная симметрия кристаллов. Решётки Бравэ. Соотношения между примитивными и центрированными элементарными ячейками Бравэ. Операторный метод описания операций симметрии кристаллического пространства. Произведение операторов, обратный оператор. Операции симметрии атомных структур кристаллов. Зеркальные и скользящие отражения. Графические изображения зеркальных и скользящих плоскостей симметрии. Обычные и винтовые повороты. Графические изображения винтовых осей симметрии. Инверсионные и зеркальные повороты. Умножение операций пространственной симметрии кристаллических структур. Пространственные (фёдоровские) группы симметрии кристаллических структур. Символы пространственных групп. Графики пространственных групп.</p>
15-16	1.4 Основы кристаллохимии	<p>Типы, энергия, радиус действия, направление химической связи в кристаллах. Принцип, виды и симметрия плотнейших упаковок. Полиэдрический метод описания кристаллических структур. Координационные числа и координационные многогранники. Координаты, число, симметрия и максимальные размеры октаэдрических пустот в плотнейших упаковках. Координаты, число, симметрия и максимальные размеры тетраэдрических пустот в плотнейших упаковках.</p>

		Структурные типы кристаллов химических элементов. Структурные типы соединений с формулами $A_nX_m$ , $A_2X$ , $A_nB_nC_k$ (перовскита, шпинели). Полиморфизм. Изоморфизм. Морфотропия. Аллотропные модификации углерода. Твердые растворы. Структурные характеристики аморфных твёрдых тел. Структура жидких кристаллов.
<b>2. Рентгенография</b>		
1-2	2.1 Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии	Природа рентгеновских лучей. Спектры рентгеновского излучения. Поглощение рентгеновских лучей веществом. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Регистрация рентгеновского излучения.
3-4	2.2 Рассеяние рентгеновских лучей кристаллами	Рассеяние свободным электроном. Когерентное рассеяние атомами. Обратная решетка. Связь размера и формы узла обратной решетки с размерами и формой кристалла. Рассеяние рентгеновских лучей элементарной ячейкой. Правила погасания.
5-6	2.3 Основные методы рентгеноструктурного анализа	Построение Эвальда. Метод Лауэ. Метод вращения. Метод поликристалла. Рентгеновская дифрактометрия. Индексирование рентгенограмм. Прецизионные измерения периодов решетки.
7-8	2.4 Интенсивность дифракционных максимумов	Интегральная интенсивность отражения от поликристалла. Угловой множитель интенсивности. Абсорбционный множитель. Влияние тепловых колебаний на интенсивность максимумов. Структурный множитель интенсивности. Множитель повторяемости.
9-10	2.5 Исследование твердых растворов	Определение типа твердого раствора. Построение диаграмм фазового равновесия. Анализ состава твердого раствора. Изучение упорядочения твердого раствора. Анализ термической обработки стали.
11-12	2.6 Анализ структурных дефектов при деформации	Рентгеноанализ макронапряжений. Рентгеноанализ микронапряжений. Классификация кристаллических дефектов по эффектам на рентгенограммах. Анализ формы линий.
13-14	2.7 Рентгенографический анализ текстур	Классификация текстур. Рентгеноанализ аксиальных текстур. Построение полюсных фигур.
15-16	2.8 Применение дифракции электронов и нейтронов в структурном анализе	Особенности рассеяния электронов и нейтронов веществом. Основные области использования электронографии и нейтронографии.
<b>3. Электронная микроскопия</b>		
1-3	3.1 Электронно-оптические и другие микроскопические методы изучения состава и структуры	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.
4-6	3.2 Просвечивающая электронная микроскопия	Устройство электронного микроскопа. Особенности формирования контраста в электронном микроскопе. Анализ точечных электронограмм. Анализ структурных несовершенств с помощью просвечивающей электронной микроскопии.
7-9	3.3 Растровая электронная микроскопия	Устройство растрового электронного микроскопа. Растровая электронная микроскопия: принцип формирования изображения, контраст и разрешение, изображение во вторичных, отраженных и поглощенных электронах)
10-12	3.4 Сканирующая зондовая микроскопия	Основные этапы развития СЗМ. Техника сканирующей зондовой микроскопии. Формирование и обработка СЗМ изображений. Методы сканирующей зондовой микроскопии.
13-16	3.5 Специальные методы рентгеновского анализа структуры	Диффузное рассеяние рентгеновских лучей. Изучение структуры аморфных твердых и жидких сплавов. Анализ ближнего порядка в твердых растворах. Изучение микронеоднородности вещества с помощью малоуглового рассеяния рентгеновских лучей и нейтронов.

#### Лабораторные занятия

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1-16</b>	<b>2. Рентгенография</b>	
1-2	Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом и техника рентгенографии	Рентгентехника. Изучение устройства рентгеновских трубок и аппаратов.
3-6	Основные методы рентгеноструктурного анализа	Изучение устройства рентгеновского дифрактометра, приготовление образца и съемка дифрактограммы.
7-10	Исследование твердых растворов	Количественный фазовый рентгеноструктурный анализ. Построение границы растворимости для бинарной системы.
11-14	Анализ структурных дефектов при деформации	Индексирование рентгенограмм и определение размеров элементарной ячейки.
15-16	Рентгенографический анализ текстур	Рентгеновский анализ текстуры волочения.

### 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 – отделение лазерных и плазменных технологий.
4. Антошина И.А., Горчаков К.А., Деменков П.В., Конобеев Ю.В., Лисичкин Ю.В., Малышкин В.Г., Плаксин О.А., Степанов В.А., Степанов П.А. – Учебно-методическое пособие по материаловедческим дисциплинам. Ч.1. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2015. – 138 с.
5. Антошина И.А., Горчаков К.А., Горчакова Л.И., Деменков П.В., Исаев Е.И., Каплунова А.М., Кирюшина В.В., Конобеев Ю.В., Лисичкин Ю.В., Малышкин В.Г., Обухова Н.С., Плаксин О.А., Степанов В.А., Степанов П.А. Учебно-методическое пособие по материаловедческим дисциплинам. Ч.2. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2015. – 104 с.

## **8. 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. Скрытный, В.П. Филиппов, В.Н. Яльцев. – М.: МИФИ, 2012. – 800 с. 50 экз.
2. С.П.Соловьев. Физическая кристаллография. Учебное пособие для студентов специальности 070900 – Обнинск: ИАТЭ, 1998, 169 с. (30 экз. в библ.).
3. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фадеев М.А.. Основы кристаллографии. М.: Издательство Физико-математической литературы, 2004, 500 с.
4. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф. Задачи по кристаллографии. М.: Издательство Физико-математической литературы, 2003, 208 с.
5. Уманский Я.С. Рентгенография металлов и полупроводников. - М.: изд-во "Металлургия". - 1969. - 496 с.
6. С.С.Горелик, Л.Н.Расторгуев, Ю.А.Скаков. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М.: МИСиС, 2002.-360с.
7. Металловедение и термическая обработка стали. Справочник под ред. М.Л.Бернштейна и А.Г.Рахштадта. М.: Metallurgy. 1991. Т.1, 352 с. (5 экз. в библ.)
8. 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.: Metallurgy. 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.

## **9. 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>

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮДИСЦИПЛИНЫ**

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

При изучении **роли и места кристаллографии** в системе подготовки современных материаловедов *обратить внимание* на специфику физического материаловедения, физико-химических свойств материалов, сферы современного и перспективного применения естественных и искусственных материалов.

При изучении основных терминов и понятий **геометрической кристаллографии** *обратить внимание* на понятия идеальной кристаллической структуры, операций и элементов симметрии кристаллов, дефектов кристаллической структуры.

При изучении **принципов дифракционного эксперимента** по изучению структуры кристаллов *обратить внимание* на важнейшую роль и удобство использования понятия обратного пространства, обратной кристаллической решётки, наглядность схемы Эвальда. Также *обратить внимание* на преимущества и недостатки использования в дифракционных экспериментах рентгеновского (в том числе синхротронного) излучения, нейтронов и электронов.

При изучении **метода плотнейших шаровых упаковок** *обратить внимание* на приближённый характер представления атомов (ионов) идеальными твёрдыми сферами и необходимость учета этого обстоятельства при анализе реальных кристаллических структур.

При подготовке к практическим занятиям *необходимо проработать* соответствующие темы лекционного курса, а также ознакомиться с рекомендованной литературой, где приведены решения типовых задач по физической кристаллографии..

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 съёмки, плоская и цилиндрическая съёмка, симметричная и асимметричная закладка пленки, приготовление образцов,
- задачи, решаемые методом Лауэ,
- применение метода вращения монокристалла,
- метод рентгеновской дифрактометрии: точность определения межплоскостных расстояний, индексирование 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 *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. Рентгентехника. Изучение устройства рентгеновских трубок и аппаратов.
2. Изучение устройства рентгеновского дифрактометра, приготовление 3. образца и съемка дифрактограммы
4. Количественный фазовый рентгеноструктурный анализ. Построение 5. границы растворимости для бинарной системы.
6. Индицирование рентгенограмм и определение размеров элементарной ячейки.
7. Рентгеновский анализ текстуры волочения.

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

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- Создание и управление классами,
- Создание курсов,
- Организация записи учащихся на курс,
- Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- Публикация заданий для учеников,
- Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

### **11.1 Перечень информационных технологий**

- консультирование посредством электронной почты;
- использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

### **11.2 Перечень программного обеспечения**

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «Windows Media Player»);
- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).

### **11.3 Перечень информационных справочных систем**

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>

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

### **1. Учебная аудитория для проведения учебных занятий 1-234**

#### Специализированная мебель:

- Доска меловая- 1 шт.,
- Стол преподавателя – 1 шт.;
- Стол двухместный – 22 шт.,
- Стул – 45 шт.

### **2. Учебная лаборатория для проведения практических занятий 2-102**

#### Специализированная мебель:

- Стол двухместный – 4 шт.
- Стул – 6 шт.
- Рентгеновский дифрактометр ДРОН-7М – 1 шт.
- Персональный компьютер с ПО для ДРОН-7М – 1 шт.
- Принтер – 1 шт.
- Рентгеновский дифрактометр ДРОН-8 – 1 шт.
- Персональный компьютер с ПО для ДРОН-7М – 1 шт.
- Сейф для хранения ЗИП – 1 шт.
- Тумбы для хранения образцов и принадлежностей к дифрактометрам – 2 шт.

#### Лицензионное программное обеспечение:

- Windows 7 Professional
- Kaspersky EndPoint Security 11
- Microsoft Office 2010 Professional

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

### **13.1 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

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

Темы, выносимые для самостоятельного изучения.

1. Построение ячеек обратной решётки для ОЦК и ГЦК кристаллов.
2. Формулы для периода идентичности узлового ряда, угла между рядами, угла между двумя плоскостями.
3. Зона плоскостей, ось зоны, закон зон.
4. Нахождение матриц операций симметрии: а) тождественного преобразования, б) поворота на некоторый угол вокруг одной из осей координат, г) отражения в плоскости симметрии, параллельной координатной оси.
5. Обозначения элементов симметрии точечных кристаллографических групп на стереографической проекции.
6. Оси симметрии платоновых тел. Тетраэдрический, октаэдрический и икосаэдрический наборы осей симметрии.
7. Кубические кристаллографические точечные группы симметрии.
8. Выбор (установка) кристаллографической системы координат для кубической сингонии.
9. Построить примитивную ячейку для объемноцентрированной кубической решетки.
10. Определить элементарную ячейку обратной решётки для ромбоэдрического кристалла (параметры прямой решётки:  $a = b = c$ ,  $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ ).
11. Вычислить углы между направлением  $[001]$  и совокупностями параллельных направлений с индексами  $\langle 111 \rangle$ ,  $\langle 110 \rangle$  и  $\langle 112 \rangle$  для Mg.
12. Найти порядок оси симметрии вдоль направления  $[111]$  в гранцентрированной кубической решётке.
13. Записать международной символикой точечные группы: а)  $D_2$ , б)  $C_2 v$ , в)  $C_3 v$ .
14. Найти порядки следующих групп симметрии:  $mmm$ ,  $222$ .
15. Записать в матричной форме результаты последовательного действия операций: а)  $2x1$ , б)  $6z$ .
16. К кубическому кристаллу с симметрией  $m\bar{3}m$  приложили одноосное напряжение растяжения. Какой симметрией будет обладать кристалл, если напряжение прикладывается вдоль направлений: а)  $[001]$ , б)  $[111]$ .
17. Излучение с длиной волны  $\lambda = 4 \cdot 10^{-3}$  нм распространяется вдоль оси  $[010]$  кристаллической пластинки вольфрама. Построить узлы обратной решетки плоскости  $[010]$  и сферу Эвальда.
18. Рассчитать структурный фактор для ОЦК решётки.
19. Решётки Бравэ в кубической сингонии.
20. Основные типы химических связей в кристаллах, их энергия, радиус действия, направленность.
21. Тетраэдрические пустоты в плотнейших упаковках.
22. Приведите три примера структурных типов кристаллов химических элементов.
23. Приведите примеры полиморфизма.
24. Аллотропные модификации углерода.
25. Фазовый анализ твердых тел
26. Рентгеноанализ явлений, протекающих при распаде твердых растворов
27. Регистрация рентгеновского излучения
28. Рентгеноструктурный анализ многокомпонентных систем
29. Устройство электронного микроскопа
30. Интерпретация изображения, ограничения и возможности метода автоионной микроскопии (исследование поверхности, изучение точечных дефектов, дислокаций, границ зерен, процессов упорядочения, двухфазных систем)

31. Рентгеноспектральный анализ: подготовка образца; качественный анализ (типы линейного анализа, анализ по площадям); количественный анализ (принцип, ошибки).

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

#### **14. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

**Для лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое

задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

**Программу составила:**

И.А. Антошина, доцент, к. ф.-м. н.

**Рецензент (ы):**

О.А. Плаксин, профессор, д.ф.-м.н.

....