

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.05.2023 17:25:05

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Теория симметрии

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 5

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

кфмн, доцент, Салихов Сергей Владимирович

Рабочая программа

Теория симметрии

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 02.04.2015 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра физического материаловедения

Протокол от 11.04.2022 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Сформировать компетенции в соответствии с требованиями учебного плана, а также научить основным методам теории групп, используемым в физике конденсированного состояния, анализу свойств симметрии кристаллов; сформировать знания о представлениях групп и их приложениях; научить методам анализа структуры и свойств основанным на теории симметрии; дать представления о современных проблемах симметрии в твердом теле, многомерной кристаллографии, кристаллографии квазикристаллов, магнитной и цветной симметрии.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

	Блок ОП:	Б1.В.ДВ.09
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Введение в квантовую механику	
2.1.2	Кристаллография	
2.1.3	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.4	Методы математической физики	
2.1.5	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.6	Основы квантовой механики	
2.1.7	Практическая кристаллография	
2.1.8	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.9	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.10	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.11	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.12	Физика	
2.1.13	Физическая химия	
2.1.14	Электротехника	
2.1.15	Математика	
2.1.16	Органическая химия	
2.1.17	Информатика	
2.1.18	Химия	
2.1.19	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.2.2	Защита интеллектуальной собственности и патентование	
2.2.3	Коррозия и защита металлов	
2.2.4	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.2.5	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.2.6	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.2.7	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.2.8	Научно-исследовательская работа	
2.2.9	Научно-исследовательская работа	
2.2.10	Научно-исследовательская работа	
2.2.11	Научно-исследовательская работа	
2.2.12	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.14	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.15	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.16	Разработка новых материалов	
2.2.17	Технология функциональных материалов	
2.2.18	Физика диэлектриков	
2.2.19	Физика металлов	
2.2.20	Атомное строение фаз	
2.2.21	Биохимия наноматериалов	
2.2.22	Инженерия поверхности	
2.2.23	Квантовая и оптическая электроника	

2.2.24	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур
2.2.25	Методы получения наночастиц и наноматериалов
2.2.26	Мехатроника
2.2.27	Наноструктурные термоэлектрики
2.2.28	Основы компьютерной металлографии
2.2.29	Основы магнетизма. Часть 1. Физика магнетизма
2.2.30	Основы физики поверхности
2.2.31	Термодинамика и кинетика аморфизирующихся систем
2.2.32	Физика и техника высоких давлений, фазовые превращения в углероде и нитриде бора
2.2.33	Физика полупроводниковых приборов
2.2.34	Физика прочности
2.2.35	Физико-химия металлов и неметаллических материалов
2.2.36	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ
2.2.37	Высокотемпературные материалы
2.2.38	Композиционные и керамические материалы
2.2.39	Композиционные материалы
2.2.40	Компьютерное моделирование материалов и процессов
2.2.41	Компьютерное моделирование процессов получения материалов
2.2.42	Математические методы моделирования физических процессов
2.2.43	Металловедение сварки
2.2.44	Методы исследования структур и материалов. Часть 2
2.2.45	Наноматериалы
2.2.46	Объемные наноматериалы
2.2.47	Основы магнетизма. Часть 2. Процессы перемагничивания материалов
2.2.48	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия
2.2.49	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.50	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.51	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.52	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.53	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.54	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.55	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.56	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.57	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов
2.2.58	Специальные сплавы
2.2.59	Структура и свойства функциональных наноматериалов
2.2.60	Технология термической обработки
2.2.61	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы
2.2.62	Функциональные материалы электроники
2.2.63	Экстремальные технологии получения наноматериалов

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания

Знать:

ОПК-1-31 Основные положения теории симметрии твердых тел.

ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований

Знать:

ПК-1-31 Зависимости и принципы влияния кристаллической структуры, внешних полей воздействия на физические свойства материалов

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Знать:
УК-1-32 Вычислительные и экспериментальные методы, для изучения теории групп.
УК-1-31 Основные методы и методики исследования симметрии твердых тел
ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований
Уметь:
ПК-1-У1 Применять полученные знания для прогнозирования и анализа влияния кристаллической структуры, внешних полей на физические свойства материалов.
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания
Уметь:
ОПК-1-У1 Применять методы теории групп для решения материаловедческих и физических задач;
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Уметь:
УК-1-У1 Анализировать информацию о симметрии свойств твердых тел.
ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований
Владеть:
ПК-1-В1 Опытном оценке влияния различных факторов на симметрию кристаллической структуры.
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Владеть:
УК-1-В1 Опытном применения на практике методов теории представлений групп;
УК-1-В2 Навыками использования теоретико-групповых методов для определения физических свойств материалов, техники проведения экспериментов.
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания
Владеть:
ОПК-1-В1 Теоретическими знаниями в области математики, химии и физики кристаллов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Раздел 1. Основы теории групп. Группы точечной симметрии. Принципы симметрии.							
1.1	Элементы симметрии. Понятие группы. /Лек/	5	2	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.5			

1.2	Основные положения теории групп. Конечные группы. Подгруппы, смежные классы, теорема Лагранжа. Нормальный делитель. Классы сопряженных элементов. Изоморфизм и гомоморфизм, фактор-группы. Расширения групп. /Лек/	5	4	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.3 Л1.1			
1.3	Точечные группы симметрии. Распределение элементов точечных групп по классам. Кристаллографические и некристаллографические точечные группы. Символика Шенфлиса. /Лек/	5	4	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.2			
1.4	Непрерывные группы. Принципы симметрии. Свойства направлений в кристаллах. Категории, сингонии и кристаллические классы. Связь свойств кристалла с его симметрией. Изменение симметрии при внешнем воздействии. Пьезо- и пьезоэлектрики. Ферроэлектрики. /Лек/	5	4	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.3 Л1.4Л2.3			
1.5	Элементы теории групп. /Пр/	5	2	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.2Л2.4			P1
1.6	Принципы симметрии в кристаллофизике. /Пр/	5	3	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.5		КМ1	P2
1.7	Подготовка к практическим занятием раздела 1 /Ср/	5	6	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.3 Л1.5Л2.3 Л2.6			P1,P2
1.8	Подготовка к контрольной работе №1 «Группы точечной симметрии» /Ср/	5	4	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.3Л2.3 Л2.6 Э1 Э4		КМ1	
1.9	Выполнение домашнего задания № 1 тема "Основы теории групп. Группы точечной симметрии. Принципы симметрии". /Ср/	5	6	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.1Л2.3 Л2.6Л3.1 Э1 Э3 Э4			P8
	Раздел 2. Раздел 2. Теория представлений групп.							
2.1	Понятие представлений групп. Матрица преобразования. Размерность, базис и пространство представления. Эквивалентные представления. Приводимые и неприводимые представления. Характеристики, соотношения ортогональности. /Лек/	5	4	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.1			

2.2	Критерий неприводимости представлений. Разложение приводимых представлений. Представления прямого произведения групп. Построение неприводимых представлений точечных групп. Классификация термов и правила отбора. Теория возмущений. /Лек/	5	4	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.3 Л1.4Л2.4			
2.3	Определение представлений точечных групп. /Пр/	5	2	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.2Л3.1			Р3
2.4	Подготовка к практическому занятию раздела 2 Теория представлений групп /Ср/	5	2	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.2 Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4			
2.5	Выполнение домашнего задания №2 по разделу 2 "Теория представлений групп". /Ср/	5	4	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.3Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			Р8
	Раздел 3. Раздел 3. Пространственные группы и их представления.							
3.1	Трансляционная симметрия кристаллов. Группа трансляций. Представления группы трансляций и обратная решетка. Зоны Бриллюэна. /Лек/	5	4	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.3 Л1.1Л2.3 Э3 Э4			
3.2	Теорема Блоха. Симметрия энергетических поверхностей. Пространственные группы симметрии (группы Федорова). Неприводимые представления пространственных групп. Симметрия состояний кристалла, связь симметрии с вырождением. /Лек/	5	4	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.3 Л1.1Л2.6			
3.3	Обратная решетка, расчет симметрии электронных состояний. /Пр/	5	2	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.5Л3.1			Р4
3.4	Определение представлений точечных групп. /Пр/	5	3	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.3Л3.1		КМ2	Р3
3.5	Подготовка к практическим занятиям по разделу 3 /Ср/	5	6	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.1Л2.4 Э1 Э4			Р4,Р3
3.6	Подготовка к Контрольной работе №2 по разделам 2-3 (тема: «Применение теории представлений и пространственные группы») /Ср/	5	6	УК-1-31 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.4 Л2.6Л3.1			
	Раздел 4. Раздел 4. Обобщенная симметрия.							

4.1	Черно-белые группы симметрии. Симметрия по отношению к изменению знака времени. Ферромагнетики и антиферромагнетики. Магнитная симметрия кристаллов. Магнитные классы и пространственные группы магнитной симметрии. Понятие о цветной симметрии. Изменение симметрии при фазовых переходах второго рода. Многомерная кристаллография. Симметрия квазикристаллов. /Лек/	5	4	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.1 Л1.5Л2.1			
4.2	Проработка материалов лекций по курсу /Ср/	5	17	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.1 Л1.5Л2.6			
4.3	Определение ферромагнитных групп тригональной сингонии. /Пр/	5	2	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.3Л3.1			Р5
4.4	Подготовка к практическому занятию Определение ферромагнитных групп тригональной сингонии. /Ср/	5	2	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.4 Э1 Э4			
4.5	Симметрия квазикристаллического состояния. /Пр/	5	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.5Л2.2Л3.1 Э4			Р6
4.6	Подготовка к практическому занятию Симметрия квазикристаллического состояния. /Ср/	5	4	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2Л1.1 Э4			Р6

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа №1 по разделу 1 (тема: «Группы точечной симметрии»)	ОПК-1-31; ОПК-1-У1	1. Элементы симметрии, произведение элементов симметрии. Инверсионные и зеркально-поворотные оси. Взаимодействие элементов симметрии. 2 Понятие группы. Аксиоматическое построение теории групп. 3 Конечные группы. Порядок группы, порядок и период элемента группы, циклические группы. 4 Свойство коммутативности, абелевы группы. 5 Изоморфизм. Генераторы групп. 6 Подгруппы, индекс подгруппы, смежные классы, теорема Лагранжа. 7 Нормальный делитель (инвариантная подгруппа). Сопряженные элементы, классы сопряженных элементов. Расширения групп. 8 Точечные группы симметрии. 9 Символика Шенфлиса.

КМ2	Контрольная работа №2 по разделам 2-3 (тема: «Применение теории представлений и пространственные группы»)	ОПК-1-У1;ОПК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	1 Понятие представлений групп. 2 Эквивалентные представления. 3 Приводимые и неприводимые представления. 4 Характеры, соотношения ортогональности. 5 Построение неприводимых представлений точечных групп. 6 Представления группы трансляций и обратная решетка. Зоны Бриллюэна. 7 Теорема Блоха. Симметрия энергетических поверхностей. 8 Симметрия состояний кристалла, связь симметрии с вырождением
5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическое занятие "Элементы теории групп"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-32	Элементы теории групп. Классификация, виды. Принципы симметрии. Символики.
P2	Практическое занятие Принципы симметрии в кристаллофизике.	ПК-1-31;ПК-1-У1;УК-1-32	Кристаллофизика, Принцип Кюри. Принцип Неймана. Решение задач.
P3	Практическое занятие Определение представлений точечных групп.	ОПК-1-31;УК-1-31;УК-1-32;ПК-1-31	Решение задач.
P4	Практическое занятие Обратная решетка, расчет симметрии электронных состояний	УК-1-32;УК-1-31	Решение задач.
P5	Практическое занятие Определение ферромагнитных групп тригональной сингонии	ОПК-1-31;УК-1-31;ПК-1-У1	Решение задач на определение ферромагнитных групп тригональной сингонии
P6	Практическое занятие Квазикристаллы	ПК-1-31;УК-1-31	Симметрия квазикристаллического состояния
P7	Домашнее задание 1 по разделу 1 Основы теории групп. Группы точечной симметрии. Принципы симметрии.	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1	Для группы указанного многогранника определить элементы симметрии, найти все подгруппы.
P8	Домашнее задание 2 по разделу 2 Теория представлений групп.	УК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-32	Найти все неприводимые представления заданной группы.
5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)			
По курсу предусмотрен зачет с оценкой			

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы

Оценка «не явка» – обучающийся не явился на контрольные мероприятия в семестре.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Крашенинин В. И., Газенаур Е. Г., Кузьмина Л. В.	Симметрия в химии: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013
Л1.2	Вейль Г., Розенфельд Б. А.	Симметрия	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1968
Л1.3	Холл М., Калужнин Л. А.	Теория групп	Электронная библиотека	Москва: Издательство иностранной литературы, 1962
Л1.4	Понтрягин Л. С.	Непрерывные группы	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1973
Л1.5	Сиротин Ю. И., Шаскольская М. П.	Основы кристаллофизики: Учеб. пособие для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1979

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Гаюи Р. Ж., Шубников А. В., Бокия Г. Б., Шафрановский И. И.	Структура кристаллов: монография	Электронная библиотека	Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1962
Л2.2	Шубников А. В., Шубников А. В.	Как растут кристаллы	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1935
Л2.3	Фёдоров Е. С., Шубников А. В., Шафрановский И. И.	Симметрия и структура кристаллов: основные работы	Электронная библиотека	Москва: Издательство Академии Наук СССР, 1949
Л2.4	Бирман Д.	Пространственная симметрия и оптические свойства твердых тел: монография	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1978
Л2.5	Ягодкин Ю. Д., Свиридова Т. А.	Атомное строение фаз. Кристаллохимия твердых растворов и промежуточных фаз. Структура аморфных, квазикристаллических и нанокристаллических материалов: курс лекций для студ. спец. - 'Физика металлов' и 'Наноматериалы'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.6	Артамонов В. А., Словохотов Ю. Л.	Группы и их приложения в физике, химии, кристаллографии: учеб. пособие для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: АCADEMIA, 2005

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Диденко И. С., Гераськин В. В.	Кристаллофизика. Симметрия кристаллических многогранников: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	International Union of Crystallography Dictionary of Crystallography	http://reference.iucr.org/dictionary/Main_Page
Э2	International Tables for Crystallography	http://it.iucr.org
Э3	Springer materials	https://materials.springer.com/
Э4	Научная электронная библиотека eLIBRARY	https://elibrary.ru/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Teams
П.2	Microsoft Office
П.3	ESET NOD32 Antivirus
П.4	Win Pro 10 32-bit/64-bit

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
И.3	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям https://polpred.com/news
И.4	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И.7	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.8	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-413	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели
Б-413	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина требует большого объема самостоятельной работы.