

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:01

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)

# Симметрия наносистем

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 11

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	<b>11 (6.1)</b>		Итого	
	18			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	76	74	76
Итого	108	110	108	110

Программу составил(и):

*кфмн, доцент, Салихов Сергей Владимирович*

Рабочая программа

**Симметрия наносистем**

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 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 29.06.2023 г., №11-06

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Сформировать компетенции в соответствии с требованиями учебного плана, а также научить специфике иерархических структур наноструктур и связи с ними теории групп, научить методам анализа структуры и свойств основанным на основе теории симметрии; дать представления о современных проблемах симметрии в наноматериалах и наносистемах, многомерной кристаллографии, кристаллографии квазикристаллов, магнитной и цветной симметрии.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.37
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Биоорганическая химия	
2.1.2	Высокотемпературные керамические материалы	
2.1.3	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы	
2.1.4	Квантовая теория твердого тела	
2.1.5	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники	
2.1.6	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов	
2.1.7	Методы непараметрической статистики	
2.1.8	Некоторые главы кристаллохимии	
2.1.9	Объемные наноматериалы	
2.1.10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.11	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.12	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.14	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов	
2.1.15	Структура и технологичность сплавов	
2.1.16	Физико-химия эволюции твердого вещества	
2.1.17	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований	
2.1.18	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы	
2.1.19	Биофизика	
2.1.20	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы	
2.1.21	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.1.22	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.23	Методы исследования характеристик и свойств материалов	
2.1.24	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники	
2.1.25	Метрология и испытания функциональных материалов	
2.1.26	Основы научно-технического перевода	
2.1.27	Практика научно-технического перевода и редактирования	
2.1.28	Тензорные методы в кристаллофизике	
2.1.29	Технология получения кристаллов	
2.1.30	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов	
2.1.31	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований	
2.1.32	Функциональные наноматериалы	
2.1.33	Химия и технология полимерных материалов	
2.1.34	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.1.35	Композиционные материалы	
2.1.36	Конструирование композиционных материалов	
2.1.37	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.1.38	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.1.39	Специальные сплавы	
2.1.40	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.1.41	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы	
2.1.42	Атомное строение фаз	
2.1.43	Биохимия наноматериалов	
2.1.44	Инженерия поверхности	

2.1.45	Металловедение и термическая обработка металлов
2.1.46	Методы исследования структур и материалов. Часть 1
2.1.47	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур
2.1.48	Наноматериалы
2.1.49	Сверхтвердые материалы
2.1.50	Технологии материалов с особыми физическими свойствами
2.1.51	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур
2.1.52	Физика магнитных явлений
2.1.53	Физика полупроводниковых приборов
2.1.54	Физика прочности
2.1.55	Физика прочности и механические свойства материалов
2.1.56	Физико-химия металлов и неметаллических материалов
2.1.57	Физические основы деформации и разрушения
2.1.58	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы
2.1.59	Материаловедение
2.1.60	Материаловедение полупроводников и диэлектриков
2.1.61	Металловедение инновационных материалов
2.1.62	Методы исследования материалов
2.1.63	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии
2.1.64	Метрология и технические измерения функциональных материалов
2.1.65	Метрология, стандартизация и технические измерения
2.1.66	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике
2.1.67	Основы материаловедения и методов исследования материалов
2.1.68	Разработка новых материалов
2.1.69	Фазовые равновесия и дефекты структуры
2.1.70	Физика диэлектриков
2.1.71	Физика полупроводников
2.1.72	Введение в квантовую теорию твердого тела
2.1.73	Дефекты кристаллической решетки
2.1.74	Компьютеризация эксперимента
2.1.75	Материалы альтернативной энергетики
2.1.76	Материалы наукоемких технологий
2.1.77	Основы дизайна металлических материалов
2.1.78	Планирование и организация научно-исследовательской работы
2.1.79	Планирование научного эксперимента
2.1.80	Современные проблемы материаловедения
2.1.81	Теория поверхностных явлений
2.1.82	Теория симметрии
2.1.83	Электроника
2.1.84	Кристаллография
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.8	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ПК-1:** Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям

**Знать:**

ПК-1-32 Основы образования иерархических структур в наноматериалах и наносистемах

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

**Уметь:**

ПК-1-У1 Применять полученные знания для прогнозирования и анализа влияния кристаллической структуры, внешних полей на физические свойства материалов.

**Владеть:**

ПК-1-В1 Опытном оценке влияния различных факторов на симметрию кристаллической структуры, в том числе в наноматериалах.

### 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
	<b>Раздел 1. Раздел 1 Теория групп и симметрия материалов</b>							
1.1	Основные положения теории групп. Конечные группы. Подгруппы, смежные классы, теорема Лагранжа. Нормальный делитель. Классы сопряженных элементов. Изоморфизм и гомоморфизм, фактор-группы. Расширения групп. /Пр/	11	2	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			Р1
1.2	Точечные группы симметрии. Распределение элементов точечных групп по классам. Кристаллографические и некристаллографические точечные группы. Символика Шенфлиса. /Пр/	11	2	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л2.2 Л2.3 Л1.2 Л2.4 Л2.5Л2.1			Р3
1.3	Принципы симметрии в кристаллофизике. /Пр/	11	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.3 Л2.4 Л2.5			Р2
1.4	Освоение материалов практических занятий 1-3. /Ср/	11	10	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.5	Определение представлений точечных групп. /Пр/	11	2	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3Л2.5Л3.1			Р3
1.6	Подготовка к практическому занятию "Определение представлений точечных групп" /Ср/	11	8	ПК-1-31	Л1.2 Л1.3Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			

1.7	Обратная решетка, расчет симметрии электронных состояний. /Пр/	11	2	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.3Л2.4 Э1 Э4			Р4
1.8	Определение ферромагнитных групп тригональной сингонии. /Пр/	11	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л2.5			Р5
1.9	Симметрия квазикристаллического состояния. Контрольная работа по разделу 1 /Пр/	11	4	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.6Л2.2Л3. 1 Э4		КМ1	Р6
1.10	Освоение материалов раздела 1 и выполнение домашнего задания по разделу /Ср/	11	10	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л2.2 Л1.1 Л2.3 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1			Р7
1.11	Подготовка к контрольной работе 1 /Ср/	11	8	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л2.2 Л1.1 Л2.3 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.6Л2.1Л3. 1 Э2 Э4		КМ1	
	<b>Раздел 2. Раздел 2 Элементы симметрии наноматериалов</b>							
2.1	Природные иерархические материалы /Пр/	11	2	ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.7 Э5			Р8
2.2	Самосборка и самоорганизация в наноматериалах /Пр/	11	2	ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.7 Э5			Р9
2.3	Иерархические структуры. Модулярный принцип строения наноструктур и принцип структурной иерархии /Пр/	11	2	ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.7 Э5			Р10
2.4	Упорядоченные пористые структуры как иерархические сети /Пр/	11	2	ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.7 Э5			Р11
2.5	Иерархические структуры неперидических объектов с дальним порядком. Детерминированный фрактальный агрегат Жюльена. Модель равносторонних треугольников. /Пр/	11	2	ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.7 Э5			Р12
2.6	Квазикристаллы /Пр/	11	2	ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.7 Э5			Р13
2.7	Иерархические наноматериалы на основе дендримеров /Пр/	11	2	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.7 Э5			Р14
2.8	Супрамолекулярные структуры /Пр/	11	2	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.7 Э5			Р15
2.9	Прочие наноматериалы. Полиоксометаллаты, на основе углерода. /Пр/	11	2	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.7Л3.1 Э5			Р16,Р17
2.10	Освоение материалов раздела 2 /Ср/	11	12	ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.7 Э5			
2.11	Подготовка к выполнению ДЗ 2 и контрольной работы по разделу 2 /Ср/	11	28	ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.7 Э5		КМ2	Р17

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

<b>5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки</b>			
Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа №1 по разделу 1	ПК-1-31	<p>1. Элементы симметрии, произведение элементов симметрии. Инверсионные и зеркально-поворотные оси. Взаимодействие элементов симметрии.</p> <p>2 Понятие группы. Аксиоматическое построение теории групп.</p> <p>3 Конечные группы. Порядок группы, порядок и период элемента группы, циклические группы.</p> <p>4 Свойство коммутативности, абелевы группы.</p> <p>5 Изоморфизм. Генераторы групп.</p> <p>6 Подгруппы, индекс подгруппы, смежные классы, теорема Лагранжа.</p> <p>7 Нормальный делитель (инвариантная подгруппа). Сопряженные элементы, классы сопряженных элементов. Расширения групп.</p> <p>8 Точечные группы симметрии.</p> <p>9 Символика Шенфлиса.</p> <p>10 Понятие представлений групп.</p> <p>11 Эквивалентные представления.</p> <p>12 Приводимые и неприводимые представления.</p> <p>13 Характеры, соотношения ортогональности.</p> <p>14 Построение неприводимых представлений точечных групп.</p> <p>15 Представления группы трансляций и обратная решетка. Зоны Бриллюэна.</p> <p>16 Теорема Блоха. Симметрия энергетических поверхностей.</p> <p>17 Симметрия состояний кристалла, связь симметрии с вырождением</p>

KM2	Контрольная работа №2 по разделу 2	ПК-1-У1;ПК-1-32	<p>1 Природные иерархические материалы и биомиметические аналоги</p> <p>2 Самосборка и самоорганизация в нанотехнологиях</p> <p>3 Иерархические структуры</p> <p>4 Модулярный принцип строения наноструктур и принцип структурной иерархии</p> <p>5 От упорядоченных пористых структур к иерархическим сетям</p> <p>6 Характеристики пористых материалов и их классификация с помощью адсорбционной терминологии</p> <p>7 Иерархические структуры неперiodических объектов с дальним порядком Несоразмерные фазы</p> <p>8 Иерархическая модель детерминированного фрактального агрегата Жюльена</p> <p>9 Иерархическая структура из равносторонних треугольников</p> <p>10 Квазикристаллы. Последовательность Фибоначчи</p> <p>11 Мозаики Пенроуза</p> <p>12 Иерархическое разбиение Крамера</p> <p>13 Иерархическая модель икосаэдров</p> <p>14 Фотонные квазикристаллы</p> <p>15 Аппроксиманты фотонных квазикристаллов</p> <p>16 Самоподобие и самоинверсность квазикристаллов</p> <p>17 Описание структуры икосаэдрических квазикристаллов без привлечения шестимерного пространства</p> <p>18 Иерархические наноматериалы на основе дендримеров</p> <p>19 Дендримеры как объекты наноматериалов</p> <p>20 Параметры дендримеров. Направления в области применения дендримеров</p> <p>21 Мегамеры – новый класс макромолекул</p> <p>22 Супрамолекулярные структуры</p> <p>23 Компоненты супрамолекулярных ассоциатов</p> <p>24 Краун-эферы</p> <p>25 Криптанты</p> <p>26 Сферанды</p> <p>27 Классификация супрамолекулярных соединений «хозяин–гость»</p> <p>28 Новый класс материалов «фононное стекло»</p> <p>29 Неорганические твердофазные клатратные соединения – цеолиты</p> <p>30 Природа супрамолекулярных взаимодействий</p> <p>31 Нанокластерные полиоксометаллаты</p> <p>32 Иерархические структуры на основе углерода 33 Иерархические структуры для суперконденсаторов</p>
-----	------------------------------------	-----------------	---

**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"	ПК-1-31	Элементы теории групп. Классификация, виды. Принципы симметрии. Символики.
P2	Практическое занятие Принципы симметрии в кристаллофизике.	ПК-1-31;ПК-1-У1	Кристаллофизика, Принцип Кюри. Принцип Неймана. Решение задач.
P3	Практическое занятие Определение представлений точечных групп.	ПК-1-31	Решение задач.
P4	Практическое занятие Обратная решетка, расчет симметрии электронных состояний	ПК-1-31	Решение задач.



P5	Практическое занятие Определение ферромагнитных групп тригональной сингонии	ПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-1-В1	Решение задач на определение ферромагнитных групп тригональной сингонии
P6	Практическое занятие Квазикристаллы	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Симметрия квазикристаллического состояния
P7	Домашнее задание 1 по разделу 1	ПК-1-31;ПК-1-У1	Для группы указанного многогранника определить элементы симметрии, найти все подгруппы.
P8	Природные иерархические материалы	ПК-1-32;ПК-1-У1	Природные иерархические материалы
P9	Самосборка и самоорганизация в наноматериалах	ПК-1-32;ПК-1-У1	Самосборка и самоорганизация в наноматериалах
P10	Иерархические структуры. Модулярный принцип строения наноструктур и принцип структурной иерархии	ПК-1-32;ПК-1-У1	Иерархические структуры. Модулярный принцип строения наноструктур и принцип структурной иерархии
P11	Упорядоченные пористые структуры как иерархические сети	ПК-1-32;ПК-1-У1	Упорядоченные пористые структуры как иерархические сети
P12	Иерархические структуры неперидических объектов с дальним порядком. Детерминированный фрактальный агрегат Жюльена. Модель равносторонних треугольников.	ПК-1-32;ПК-1-У1	Иерархические структуры неперидических объектов с дальним порядком. Детерминированный фрактальный агрегат Жюльена. Модель равносторонних треугольников.
P13	Квазикристаллы	ПК-1-32;ПК-1-У1	Квазикристаллы
P14	Иерархические наноматериалы на основе дендримеров	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Иерархические наноматериалы на основе дендримеров
P15	Супрамолекулярные структуры	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Супрамолекулярные структуры
P16	Прочие наноматериалы. Полиоксометаллаты, на основе углерода.	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Прочие наноматериалы. Полиоксометаллаты, на основе углерода.
P17	Домашнее задание 2 по разделу 2	ПК-1-32;ПК-1-В1;ПК-1-У1	Элементы симметрий наноматериалов. Мультимедийный доклад по материалам раздела 2. Выбор темы согласовывается с преподавателем.
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
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 «неявка» – 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: монография	Электронная библиотека	Москва: Издательство иностранной литературы, 1962
Л1.4	Понтрягин Л. С.	Непрерывные группы: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1973
Л1.5	Ягодкин Юрий Дмитриевич, Свиридова Татьяна Александровна	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
Л1.6	Сиротин Ю. И., Шаскольская М. П.	Основы кристаллофизики: Учеб. пособие для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1979
Л1.7	Елисеев А. А., Лукашин А. В.	Функциональные наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Физматлит, 2010

**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: Издательство Академии Наук СССР, 1962
Л2.2	Шубников А. В., Шубников А. В.	Как растут кристаллы	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Издательство Академии Наук СССР, 1935
Л2.3	Фёдоров Е. С.	Симметрия и структура кристаллов: основные работы: сборник научных трудов	Электронная библиотека	Москва: Издательство Академии Наук СССР, 1949

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.4	Бирман Д.	Пространственная симметрия и оптические свойства твердых тел: монография	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1978
Л2.5	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 Ирина Сергеевна, Гераськин Валерий Васильевич	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 Online Dictionary of Crystallography	<a href="http://reference.iucr.org/dictionary/Main_Page">http://reference.iucr.org/dictionary/Main_Page</a>
Э2	International Tables for Crystallography	<a href="http://it.iucr.org">http://it.iucr.org</a>
Э3	Springermaterials	<a href="https://materials.springer.com/">https://materials.springer.com/</a>
Э4	Научная электронная библиотека eLIBRARY	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Э5	А.А. БОБКОВ, И.Е. КОНОНОВА, В.А. МОШНИКОВ. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ МИКРО- И НАНОСИСТЕМ. ИЕРАРХИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ Под редакцией В. А. Мошникова - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. - 204 с.	<a href="https://www.researchgate.net/profile/Anton-Bobkov/publication/333248270_MATERIALovedenie_MIKRO-I_NANOSISTEM_IERARHICESKIE_STRUKTURy/links/5ce44da492851c4eabb4e07d/MATERIALovedenie-MIKRO-I-NANOSISTEM-IERARHICESKIE-STRUKTURy.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Anton-Bobkov/publication/333248270_MATERIALovedenie_MIKRO-I_NANOSISTEM_IERARHICESKIE_STRUKTURy/links/5ce44da492851c4eabb4e07d/MATERIALovedenie-MIKRO-I-NANOSISTEM-IERARHICESKIE-STRUKTURy.pdf</a>

### 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 <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.4	Иностраные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.7	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.8	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

## 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.