

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 31.08.2023 11:27:26

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

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Физика и технологии функциональных материалов

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 3

аудиторные занятия

17

самостоятельная работа

91

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	17	17	17	17
Контактная работа	17	17	17	17
Сам. работа	91	91	91	91
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

кфмн, доцент, Салихов С.В.

Рабочая программа

Симметрия наносистем

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, 22.04.01-ММТМ-23-7.plx Физика и технологии функциональных материалов, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, Физика и технологии функциональных материалов, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

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	Цель освоения дисциплины – сформировать компетенции, предусмотренные учебным планом, и 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 наноструктуры и свойств основанным на теории симметрии; дать представления о современных проблемах симметрии в наносистемах, многомерной кристаллографии, кристаллографии квазикристаллов, магнитной и цветной симметрии.
1.2	
1.3	Задачи дисциплины - научить:
1.4	- использовать полученные знания для прогнозирования и анализа влияния внешних воздействий, фазового состояния и структуры на физические свойства наносистемы;
1.5	- применять методы теории групп для решения материаловедческих задач в профессиональной деятельности;
1.6	- обосновывать и выбирать конкретные методы теории групп для решения материаловедческих задач.
1.7	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.05
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки	
2.1.2	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов	
2.1.3	Методы исследования материалов	
2.1.4	Производственная практика	
2.1.5	Физические явления в функциональных материалах и наносистемах	
2.1.6	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.1.7	Методология выбора и материалы наукоемких технологий	
2.1.8	Метрология и испытания функциональных материалов	
2.1.9	Структурные методы исследования наноматериалов	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-4: Способен планировать, осуществлять комплексные исследования и разработку функциональных материалов (в том числе наноматериалов) различного назначения	
Знать:	
ПК-4-31 основные способы планирования комплексного исследования наноматериалов	
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области	
Знать:	
ОПК-4-32 особенности симметрии наносистем.	
ОПК-4-31 основные положения теории симметрии твердых тел	
ПК-4: Способен планировать, осуществлять комплексные исследования и разработку функциональных материалов (в том числе наноматериалов) различного назначения	
Уметь:	
ПК-4-У2 применять полученные знания для прогнозирования и анализа влияния кристаллической структуры, внешних полей на физические свойства наноматериалов.	
ПК-4-У1 применять методы теории групп для решения материаловедческих и физических задач;	
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области	

Уметь:
ОПК-4-У1 анализировать информацию о симметрии свойств наносистем
ПК-4: Способен планировать, осуществлять комплексные исследования и разработку функциональных материалов (в том числе наноматериалов) различного назначения
Владеть:
ПК-4-В2 навыками использования теоретико-групповых методов для определения физических свойств наноматериалов, техники проведения экспериментов.
ПК-4-В1 опытом оценки влияния различных факторов на симметрию кристаллической наноструктуры;
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Владеть:
ОПК-4-В1 опытом применения на практике методов теории представлений групп

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. Структура наноматериалов. /Ср/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1	Л1.3 Л1.4		КМ3	
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. /Ср/	3	8	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-В1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2		КМ3	
1.3	Точечные группы симметрии. Распределение элементов точечных групп по классам. Кристаллографические и некристаллографические точечные группы. Символика Шенфлиса. /Ср/	3	8	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-В1	Л1.5Л2.1Л3.1		КМ3	
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 пирозлектрики. Ферроэлектрики /Ср/	3	8	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-В1	Л1.4 Э3			
1.5	Элементы теории групп. Функции наносистемы. Использование наносистем /Пр/	3	2	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В2	Л1.2Л2.1			

1.6	Принципы симметрии в кристаллофизике. Принципы наносистемы /Пр/	3	3	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ПК-4-У2	Л1.3 Л1.5		КМ1	
1.7	Подготовка к контрольной работе «Группы точечной симметрии». /Ср/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Э3		КМ1	
	Раздел 2. Раздел 2. Теория представлений групп.							
2.1	Определение представлений точечных групп. Определение физико-химии наносистем. /Пр/	3	2	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ПК-4-У2 ПК-4-В2	Л1.3 Э1			
2.2	Понятие представлений групп. Матрица преобразования. Размерность, базис и пространство представления. Эквивалентные представления. Приводимые и неприводимые представления. Характеристики, соотношения ортогональности. /Ср/	3	8	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-В1 ПК-4-У2	Л1.2Л2.1			
2.3	Критерий неприводимости представлений. Разложение приводимых представлений. Представления прямого произведения групп. Построение неприводимых представлений точечных групп. Классификация термов и правила отбора. Теория возмущений. /Ср/	3	8	ОПК-4-31 ОПК-4-32	Л1.4Л3.1			
	Раздел 3. Раздел 3. Пространственные группы и их представления.							
3.1	Обратная решетка, расчет симметрии электронных состояний. Атомное строение наносистем. Расчет параметров наносистемы /Пр/	3	2	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-4-У1	Л1.3 Л1.5			
3.2	Определение представлений точечных групп. Размерные эффекты в наноструктурных материалах /Пр/	3	3	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-В1	Л1.2Л3.1		КМ2	
3.3	Трансляционная симметрия кристаллов. Группа трансляций. Представления группы трансляций и обратная решетка. Зоны Бриллюэна. /Ср/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1	Л1.2Л2.1 Э3		КМ3	

3.4	Теорема Блоха. Симметрия энергетических поверхностей. Пространственные группы симметрии (группы Федорова). Неприводимые представления пространственных групп. Симметрия состояний кристалла, связь симметрии с вырождением. /Ср/	3	8	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.4Л2.1 Э3			
3.5	Подготовка к контрольной работе «Применение теории представлений и пространственные группы» /Ср/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Э3		КМ2	
Раздел 4. Раздел 4. Обобщенная симметрия.								
4.1	Определение ферромагнитных групп тригональной сингонии. /Пр/	3	2	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ПК-4-У1	Л1.4 Л1.5			
4.2	Симметрия квазикристаллического состояния. Определение наносистемы в материаловедении /Пр/	3	3	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.5Л3.1			
4.3	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. /Ср/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.4 Л1.5Л2.1 Э3		КМ3	
4.4	Написание реферата по заданной теме. /Ср/	3	17	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Э1 Э2 Э3			Р1

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 «Группы точечной симметрии».	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	<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>
КМ2	Контрольная работа 2 «Применение теории представлений и пространственные группы»	ПК-4-У1;ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-В1	<p>1 Понятие представлений групп.</p> <p>2 Эквивалентные представления.</p> <p>3 Приводимые и неприводимые представления.</p> <p>4 Характеристики, соотношения ортогональности.</p> <p>5 Построение неприводимых представлений точечных групп.</p> <p>6 Представления группы трансляций и обратная решетка. Зоны Бриллюэна.</p> <p>7 Теорема Блоха. Симметрия энергетических поверхностей.</p> <p>8 Симметрия состояний кристалла, связь симметрии с вырождением.</p>

КМЗ	Вопросы для самостоятельной подготовки к практическим занятиям	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ПК-4-У1;ПК-4-31;ПК-4-В2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Элементы симметрии, произведение элементов симметрии. Инверсионные и зеркально-поворотные оси. Взаимодействие элементов симметрии. 2. Понятие группы. Аксиоматическое построение теории групп. Конечные группы. По-рядок группы, порядок и период элемента группы, циклические группы. Свойство коммутативности, абелевы группы. Примеры групп. 3. Изоморфизм. Генераторы групп. Подгруппы, индекс подгруппы, смежные классы, теорема Лагранжа. 4. Нормальный делитель (инвариантная подгруппа). Сопряженные элементы, классы сопряженных элементов. Гомоморфизм, фактор-группы. Расширения групп. 5. Группы преобразований. Невырожденные линейные преобразования. Группа линейных преобразований $GL(n)$. Подгруппы группы $GL(n)$, компактные группы и подгруппы, группа ортогональных преобразований. 6. Примеры конечных и дискретных подгрупп ортогональной группы. 7. Точечные группы симметрии. Распределение элементов точечных групп по классам. Эквивалентные элементы симметрии 8. Вывод 32 групп симметрии кристаллов. Икосаэдрические группы. Символика Шенфлиса. 9. Непрерывные группы. Предельные группы симметрии (группы Кюри). Группы Ли. Размерность группы Ли. Инфинитезимальные операторы. 10. Приложения теории групп в кристаллофизике. Принципы симметрии Кюри и Неймана. 11. Свойства направлений в кристаллах. Особые и симметрически эквивалентные направления. Полярные, аксиальные, винтовые направления. 12. Категории, сингонии и кристаллические классы. Связь свойств кристалла с его симметрией. 13. Взаимосвязь точечных групп и подгрупп симметрии. 14. Изменение симметрии при внешнем воздействии. 15. Понятие представлений групп. Матрица преобразования. Размерность, базис и пространство представления. 16. Эквивалентные представления. Приводимые и неприводимые представления. Характеристики, соотношения ортогональности. 17. Прямое (кронекеровское) произведение представлений группы. Представления прямого произведения групп. 18. Построение неприводимых представлений точечных групп. 19. Трансляционная симметрия кристаллов. Группа трансляций. 20. Представления группы трансляций и обратная решетка. Зоны Бриллюэна. 21. Теорема Блоха. Симметрия энергетических поверхностей. 22. Пространственные группы симметрии (группы Федорова). 23. Базис представления пространственных групп. Неприводимые представления пространственных групп. 24. Симметрия состояний кристалла, связь симметрии с вырождением. 25. Черно-белые группы симметрии. Симметрия по отношению к изменению знака времени. 26. Ферромагнетики и антиферромагнетики. Магнитная симметрия кристаллов. Магнитные классы и пространственные группы магнитной симметрии. 27. Понятие о цветной симметрии. 28. Изменение симметрии при фазовых переходах второго рода. 29. Многомерная кристаллография. Симметрия квазикристаллов.
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	Реферат	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ПК-4-31;ПК-4-У1	Примерные темы рефератов: Черно-белые группы симметрии. Магнитная симметрия кристаллов. Цветная симметрия. Многомерная кристаллография. Симметрия квазикристаллов. Методы синтеза нанокристаллов Белковая кристаллография.
----	---------	-----------------------------------	---

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

экзамен не предусмотрен

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

По курсу предусмотрен зачет с оценкой. Зачет с оценкой проставляется на основе оценок текущего контроля (двух контрольных работ и реферата на заданную тему).

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 или некорректные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «неявка»

- студент 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	Гаюи Р. Ж., Шубников А. В., Бокия Г. Б., Шафрановский И. И.	Структура кристаллов: монография	Электронная библиотека	Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1962
Л1.2	Иоффе А. Ф.	Физика кристаллов	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное издательство, 1929
Л1.3	Нокс Р., Голд А.	Симметрия в твердом теле	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1970
Л1.4	Гераськин В. В., Розин К. М., Пахнев А. В., др.	Физическая кристаллография: Разд.: Симметрия кристаллических многогранников: лаб. практикум для студ. спец. 0604, 0629, 0643, 0407	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1982
Л1.5	Диденко И. С., Гераськин В. В.	Кристаллофизика. Симметрия кристаллических многогранников: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	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

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Векилова Г. В., Иванов А. Н., Ягодкин Ю. Д.	Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009

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	Научная электронная библиотека eLIBRARY	https://elibrary.ru/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	MS Teams
П.3	LMS Canvas
П.4	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.5	ESET NOD32 Antivirus

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.2	International Centre for Diffraction Data http://www.icdd.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
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

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов теории симметрии. Практические занятия нацелены на изучение конкретных примеров влияния особенностей симметрии твердых.

Предусматриваются расчетные домашние задания по различным разделам курса. Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение занятий с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.