



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

Институт наукоемких технологий и передовых материалов (Школа)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Саранин А.А.
(Ф.И.О. рук. ОП)

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента
Общей и экспериментальной физики

Короченцев А.А.
(Ф.И.О.)

« 15 » декабря

2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория симметрии кристаллов

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
магистерская программа

«Электроника и нанoeлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)»

Форма подготовки очная

курс 1 семестр 2

лекции ____ час.

практические занятия ____ час.

лабораторные работы 36 час.

в том числе с использованием MAO лек. ____ / пр. ____ / лаб. ____ час.

в том числе в электронной форме лек. ____ / пр. ____ / лаб. ____ час.

всего часов аудиторной нагрузки час.

в том числе с использованием MAO ____ час.

в том числе контролируемая самостоятельная работа 36 час.

в том числе в электронной форме ____ час.

самостоятельная работа 36 час.

в том числе на подготовку к экзамену ____ час.

курсовая работа / курсовой проект ____ семестр

зачет

экзамен 2 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 959

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 3 от «29» ноября 2021 г.

Директор департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ: к.ф.-м.н., доцент Короченцев В.В.

Составитель: к.ф.-м.н., профессор Крайнова Г.С.

Владивосток

2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация дисциплины «Теория симметрии кристаллов»

Учебная дисциплина «Теория симметрии кристаллов» предназначена для магистрантов 1 курса магистратуры 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерской программы «Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)».

Дисциплина «Теория симметрии кристаллов» входит в часть формируемую участниками образовательных отношений цикла дисциплин образовательной программы, является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.04.02), реализуется на 1 курсе во 2 семестре, завершается экзаменом. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 З.Е. (108 часов). Учебным планом предусмотрены лабораторные занятия (36 час.), самостоятельная работа студента (72 час., в том числе 36 час. на подготовку к экзамену), курсовое проектирование. Язык реализации – русский.

Цель изучения дисциплины - формирование у студентов ясных представлений об основных понятиях и законах теории симметрии кристаллов, а также о принципах роста, формирования и разрушения кристаллических материалов.

Задачи:

1. Формирование знаний об основных понятиях теории симметрии кристаллов;
2. Формирование навыков классификации различных кристаллических групп;
3. Формирование навыков расчета параметров трансляционных симметрий и их преобразований.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
------------------	---	---

Научно-исследовательский	ПК-2 Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию	ПК-2.1 демонстрирует знание методов разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач
		ПК-2.2 использует алгоритмы решения исследовательских задач с помощью современных языков программирования
		ПК-2.3 подсоединяет различные периферийные устройства и осуществляет работу с ними
Производственно-технологический	ПК-11 Способен разрабатывать архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм	ПК-11.1 разрабатывает архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с заданными топологическими размерами
		ПК-11.2 применяет законы кристаллографии, точечные и трансляционные элементы симметрии, правила сложения элементов симметрии
Научно-педагогический	ПК-13 Способен проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров	ПК-13.1 использует современные образовательные технологии в учебном процессе
		ПК-13.2 проводит учебные и консультативные занятия со студентами

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-2.1 демонстрирует знание методов разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач	<u>Знает</u> основные методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач
	<u>Умеет</u> выбирать методики для проведения конкретных научно-исследовательских задач
	<u>Владеет</u> навыками выбора методик для разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач и получения достоверных результатов
ПК-2.2 использует алгоритмы решения исследовательских задач с помощью современных языков программирования	<u>Знает</u> современные языки программирования
	<u>Умеет</u> разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач, обеспечивать их программную реализацию, используя современные языки программирования
	<u>Владеет</u> алгоритмами решения исследовательских задач с помощью современных языков программирования
ПК-2.3 подсоединяет различные периферийные	<u>Знает</u> требования подключения и работы с периферийными системами

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
устройства и осуществляет работу с ними ПК-2.3 подсоединяет различные периферийные устройства и осуществляет работу с ними	<u>Умеет</u> подсоединять различные периферийные устройства и осуществлять работу с ними
	<u>Знает</u> требования подключения и работы с периферийными системами
ПК-11.1 разрабатывает архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с заданными топологическими размерами	<u>Знает</u> основные архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники
	<u>Умеет</u> выбирать подходящую архитектуру и технологию производства функциональных материалов электроники с заданными топологическими размерами
	<u>Владеет</u> навыками разработки архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм
ПК-11.2 применяет законы кристаллографии, точечные и трансляционные элементы симметрии, правила сложения элементов симметрии	<u>Знает</u> законы кристаллографии, точечные и трансляционные элементы симметрии, правила сложения элементов симметрии
	<u>Умеет</u> применять законы кристаллографии, точечные и трансляционные элементы симметрии, правила сложения элементов симметрии в решении профессиональных задач при разработке архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с заданными топологическими размерами
	<u>Владеет</u> навыками использования подходящих математических операций для описания законов кристаллографии
ПК-13.1 использует современные образовательные технологии в учебном процессе	<u>Знает</u> современные образовательные технологии
	<u>Умеет</u> выделить наиболее подходящую образовательную технологию в соответствии со своей научно-педагогической задачей
	<u>Владеет</u> педагогическими навыками, отвечающими современным требованиям учебного процесса
ПК-13.2 проводит учебные и консультативные занятия со студентами	<u>Знает</u> основы коммуникаций со студентами в учебной и консультативной деятельности, требования к курсовому проектированию и выполнению выпускных квалификационных работ бакалавров
	<u>Умеет</u> проводить лабораторные, практические и консультативные занятия со студентами, осуществлять руководство курсовыми и выпускными квалификационными работами бакалавров
	<u>Владеет</u> методами и приемами проведения учебных и консультативных занятий со студентами, навыками руководства курсовыми и выпускными квалификационными работами бакалавров

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторные работы (36 часов)

Блок №1. Основные понятия кристаллографической геометрии (6 часов).

1. Подбор и изучение теоретического материала по темам блока 1.
2. Постановка задач, определение порядка выполнения заданий практической части. Обработка результатов выполненных заданий.
3. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.
4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов.

Вопросы блока 1:

- 1). (r, R) – системы точек. Теорема о локальной правильности системы точек.
- 2). Разбиение пространства и методы их описания. Разбиение евклидовой плоскости – теория планигонов. Теория параллелоэдров и стереоэдров.
- 3). Непериодические разбиения. Мозаики Пенроуза.
- 4). Описание квазикристаллов и квазипериодических структур.

Блок №2. Внутреннее строение кристаллов (10 часов).

1. Подбор и изучение теоретического материала по темам блока 2.
2. Постановка задач, определение порядка выполнения заданий практической части. Обработка результатов выполненных заданий.
3. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов.

Вопросы блока 2:

- 1). Пространственная решетка. Системы координатных осей. Понятие кристаллографической зоны. Уравнение зоны.
- 2). Понятие кристаллографического и полярного комплексов. Стереографическая проекция. Сетка Вульфа и приемы работы с ней.
- 3). Симметрия кристаллов. Преобразование координат при повороте вокруг оси. Преобразования координат при зеркальном отражении, инверсии.
- 4). Сложение элементов симметрии. Основные понятия теории групп.
- 5). Точечные группы симметрии.
- 6). Трансляционные группы. Группы Браве. Открытые симметричные преобразования. Сочетания трансляций и точечных элементов симметрии.

Блок №3. Грамматика формы и ее связь с кристаллографией (10 часов).

1. Подбор и изучение теоретического материала по темам блока 3.
2. Постановка задач, определение порядка выполнения заданий практической части. Обработка результатов выполненных заданий.
3. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.
4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов.

Вопросы блока 3:

- 1). Структурно-кристаллографические разновидности простых форм.
- 2). Связь между структурой и внешней формой кристаллов. Простые формы кристаллов в классах низшей и средней категорий.
- 3). Простые формы кристаллов в классах высшей категории –

кубической сингонии.

Блок №4. Основы кристаллохимии (10 часов).

1. Подбор и изучение теоретического материала по темам блока 4.
2. Постановка задач, определение порядка выполнения заданий практической части. Обработка результатов выполненных заданий.
3. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.
4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов.

Вопросы блока 4:

- 1). Атомно-молекулярные модели роста кристаллов.
- 2). Основы кристаллохимии.
- 3). Координация атомов и ионов в структурах кристаллов. Координационные полиэдры.
- 4). Плотнейшие упаковки.
- 5). Изображение кристаллических структур. Типы структур. Изоморфизм в структурах. Полиморфизм, политипизм и псевдоморфизм в кристаллах.

II. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теория симметрии кристаллов» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Блок 1. Основные понятия кристаллографической геометрии	ПК-11	знает	Лабораторная работа 1 (ПР-6)	зачет, вопросы 1-4 Собеседование (УО-1)
			умеет	Отчет по лабораторной работе (ПР-6)	зачет, защита лабораторной работы Собеседование (УО-1)
			владеет	Собеседование (УО-1)	зачет, защита практических заданий Собеседование (УО-1)
2	Блок 2. Внутреннее строение кристаллов	ПК-11	знает	Лабораторная работа 2 (ПР-6) Тест 1 (ПР-1)	зачет, вопросы 5-10 Собеседование (УО-1)
			умеет	Коллоквиум 1 (УО-2) Домашнее задание (УО-1)	зачет, защита коллоквиума, домашнего задания Собеседование (УО-1)
			владеет	Контрольная работа 1, 2 (ПР-2)	зачет, защита контрольных работ Собеседование (УО-1)
3	Блок 3. Грамматика формы и ее связь с кристаллографией	ПК-11	знает	Лабораторная работа 3 (ПР-6)	зачет, вопросы 11-13 Собеседование (УО-1)
			умеет	Домашнее задание (ПР-6)	зачет, защита домашнего задания Собеседование (УО-1)
			владеет	Собеседование (УО-1)	зачет, защита практических заданий Собеседование (УО-1)
4	Блок 4. Основы кристаллохимии	ПК-11	знает	Лабораторная работа 4, 5 (ПР-6)	зачет, вопросы 14-18 Собеседование (УО-1)
			умеет	Коллоквиум 2 (УО-2)	зачет, защита коллоквиума Собеседование (УО-1)
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	зачет, защита контрольной работы Собеседование (УО-1)

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

IV. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Ю. К. Егоров-Тисменко. Кристаллография и кристаллохимия : учебник для вузов / [под ред. В. С. Урусова]. М: МГУ, 2014. – 587 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:734049&theme=FEFU>
2. Белов Н.П., Покопцева О.К., Яськов А.Д. Основы кристаллографии и кристаллофизики. Часть I. Введение в теорию симметрии кристаллов: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. - 43 с.
<http://window.edu.ru/resource/335/63335>
3. Трушин В.Н., Андреев П.В., Фаддеев М.А. Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов. Электронное учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. - 89 с.
<http://window.edu.ru/resource/210/79>
4. Э.Э. Лорд, А. Л. Маккей, С. Ранганатан. Новая геометрия для новых материалов // Пер. с англ. под ред. В. Я. Шевченко, В. Е. Дмитриенко, М: Физматлит, 2010, 260 с.
<https://e.lanbook.com/book/48204>
5. Агеев О.А., Федотов А.А., Смирнов В.А. Методы формирования структур элементов наноэлектроники и наносистемной техники: Учебное пособие. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. - 72 с.
<http://window.edu.ru/resource/948/73948>

Дополнительная литература:

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2009. - 416 с. <http://www.iprbookshop.ru/12979.html>
2. Шевченко О.Ю. Основы физики твердого тела: учебное пособие / О.Ю. Шевченко. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2010. — 77 с <http://www.iprbookshop.ru/67512.html>
3. Федотов А.К. Физическое материаловедение. Часть 1. Физика твердого: учебное пособие / А.К. Федотов. — Электрон. текстовые данные. — Минск:

Вышэйшая школа, 2010. — 400 с. - Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/20161.html>

4. Орлова М.Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс]: курс лекций/ Орлова М.Н., Борзых И.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2013. — 50 с. — Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/56246.html>
5. Астайкин А.И. Метрология и радиоизмерения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Астайкин А.И., Помазков А.П., Щербак Ю.П. – Электрон. текстовые данные. – Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2010. – 405 с. – Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/18440.html> – ЭБС «IPRbooks».

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Крайнова Г.С., Полянский Д.А., Писаренко Т.А. Виды симметрии кристаллических многогранников. Типы кристаллических решеток. Методические указания по курсу «Кристаллография и кристаллофизика» // Владивосток, ДВГУ, 2003, 32 с.
2. Крайнова Г.С., Кузнецов Р.Ю. Точечные группы симметрии. Методические указания к лабораторной работе // Владивосток, 2010, 22 с.
3. Электронный учебно-методический комплекс по теории симметрии // Владивосток, 2010.
4. Крайнова Г. С. Стереографическая проекция. Методические указания к лабораторной работе // Владивосток, 2010, 16 с.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Для проведения лабораторных работ по дисциплине «Теория симметрии кристаллов» и оформления отчетов может использоваться стандартное программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows XP, MicrosoftOffice и др.).

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес

самостоятельной работы составляет значительную часть времени изучаемого цикла (50%). Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Необходимо осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения исследований, связанных с выполнением практических заданий по дисциплине доступно лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L442	Специализированная лаборатория Департамента общей и экспериментальной физики: Лаборатория материаловедения и кристаллографии Лабораторные столы и стулья Количество посадочных рабочих мест для студентов - 8	Microsoft Office365/Microosoft/США/ Платное ПО Microsoft Teams/Microosoft/США/Пла тное ПО

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно - навигационной поддержки.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 - 4 недели	Подготовка отчета по лабораторной работе №1 Подготовка к устному опросу	12 час.	Защита отчетов
2	5 - 10 недели	Подготовка отчета по лабораторной работе 2 Подготовка к контрольным работам 1, 2 Подготовка у тесту 1 Выполнение домашнего задания	18 час.	Защита отчетов
3	11 - 13 недели	Подготовка отчета по лабораторной работе 3 Подготовка к собеседованию Выполнение домашнего задания	10 час.	Защита отчетов
4	14 - 18 недели	Подготовка отчета по лабораторным работам 4,5 Подготовка к коллоквиуму Подготовка к контрольной работе 3	14 час.	Защита отчетов
Итого			54 часа	

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку отчетов к лабораторным работам. Их полное содержание приведено в программе и методических указаниях. Методические указания к лабораторным работам в электронном виде и печатном виде берутся у ведущего преподавателя.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах (отчетах по лабораторным работам).

К представлению и оформлению отчетов по лабораторным работам предъявляются следующие требования.

Структура отчета по лабораторной работе

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

✓ *Титульный лист*– обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);

✓ *Исходные данные к выполнению заданий*– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);

✓ *Основная часть*– материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

✓ Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

✓ *Список литературы*– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

✓ *Приложения*– необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со

следующими требованиями:

- ✓ печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- ✓ интервал межстрочный – полуторный;
- ✓ шрифт – TimesNewRoman;
- ✓ размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- ✓ выравнивание текста – «по ширине»;
- ✓ поля страницы -левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- ✓ нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- ✓ режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Рекомендации по подготовке к контрольной работе

Для успешного написания контрольных работ необходимо глубокое понимание основ рассматриваемых процессов, явлений, что обеспечивается систематической работой как на лабораторных занятиях, так и самостоятельно. Самостоятельная работа не менее важна, чем аудиторная.

Также в процессе подготовки к контрольным работам рекомендуется пользоваться литературой из списка основной и дополнительной литературы, Интернет-источниками.

Кроме того, теоретический материал можно почерпнуть из

методических указаний в процессе выполнения лабораторных работ.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценивание лабораторных работ проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий;
- качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.

Оценивание контрольных работ проводится по критериям:

- полнота и качество ответов на теоретические вопросы;
- отсутствие логических ошибок, связанных с пониманием материала;
- отсутствие ошибок в формулах, выражениях, характеризующих рассматриваемый процесс, явление;
- отсутствие значительных ошибок в приводимых количественных характеристиках.

Паспорт Фонд Оценочных Средств

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели	баллы	
ПК-11.1 разрабатывает архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с заданными топологическими размерами	<u>Знает</u> основные архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники	- основные законы кристаллографии, точечные и трансляционные элементы симметрии, правила сложения элементов симметрии - связь внутренней кристаллической решетки с внешней формой кристаллов и их свойствами - установку и	объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	наличие общего представления о природе кристаллического состояния вещества; знание способов описания кристаллических структур, обладает базами навыками описания точечных групп и пространственной симметрии кристаллов	60-74

		<p>последовательность определения элементов симметрии кристаллов</p> <p>- правила работы с научной литературой по кристаллографии, кристаллохимии, кристаллофизики</p>			
	<p><i>Умеет</i> выбирать подходящую архитектуру и технологию производства функциональных материалов электроник и с заданными топологическими размерами</p>	<p>-составлять кристаллографическую характеристику кристаллов, диагностировать простые формы</p> <p>- обозначать виды симметрии (точечные группы) полными формулами и с помощью порождающих элементов симметрии</p> <p>- анализировать внутреннюю структуру кристаллов</p>	<p>уметь систематизировать научную информацию, выполнять типовые задачи по анализу и синтезу кристаллических структур</p>	<p>Применять знания в области – составления кристаллографических характеристик кристаллов, диагностирования простых форм, обозначения видов симметрии (точечных групп) полными формулами и с помощью порождающих элементов симметрии, анализа внутренней структуры кристаллов</p>	75-89
	<p><i>Владеет</i> навыками разработки архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроник и с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм</p>	<p>- навыками кристаллографического анализа</p> <p>- методами расшифровки и выводом федоровских групп</p> <p>- методами представления кристаллических структур для проектирования производства новых материалов</p>	<p>уметь решать задачи в области анализа структуры кристаллов с определением точечной и пространственной группы, синтеза электрических цепей, владеть методами представления кристаллических структур, проектированием структур с заданными физическими свойствами</p>	<p>Способностью четко и грамотно ставить задачу, составлять план разработки кристаллографического анализа, методами расшифровки и выводом федоровских групп, методами представления кристаллических структур; владеет умением самостоятельно находить методы решения проектирования структур для производства новых материалов</p>	90-100

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Теория симметрии кристаллов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Теория симметрии кристаллов» проводится в форме защиты лабораторных работ по оцениванию фактических результатов обучения студентов, собеседования по домашним заданиям, контрольным работам и тестам.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Оценивание результатов освоения дисциплины на этапе текущей аттестации проводится в соответствии с используемыми оценочными средствами и критериями.

Критерии оценки отчетов по лабораторным работам, домашним заданиям, тестам

Оценивание работ проводится при представлении отчета в электронном или печатном виде, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он представляет к защите отчет по работе, удовлетворяющий требованиям по поставленным заданиям, по оформлению, демонстрирует владение методами и приемами теоретических и практических аспектов работы.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не владеет методами и приемами теоретических и практических аспектов работы, допускает существенные ошибки в работе, представляет отчет с существенными отклонениями от правил оформления письменных работ.

Промежуточная аттестация студентов

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачета, форма зачета- «устный опрос в форме ответов на вопросы», «практические задания по типам». Допуск к зачету возможен после защиты отчетов по всем лабораторным работам курса.

Критерии выставления оценки «зачтено» студенту по дисциплине:

Оценка (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
«зачтено»	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами вопросами и другими видами применения знаний; применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
«не зачтено»	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Оценочные средства для промежуточной аттестации (Собеседование УО-1)

Вопросы к зачету

1. (r, R) – системы точек. Теорема о локальной правильности системы точек.
2. Разбиение пространства и методы их описания. Разбиение евклидовой плоскости – теория планигонов. Теория параллелоэдров и стереоэдров.
3. Непериодические разбиения. Мозаики Пенроуза.
4. Описание квазикристаллов и квазипериодических структур.
5. Пространственная решетка. Системы координатных осей. Понятие кристаллографической зоны. Уравнение зоны.
6. Понятие кристаллографического и полярного комплексов. Стереографическая проекция. Сетка Вульфа и приемы работы с ней.
7. Симметрия кристаллов. Преобразование координат при повороте вокруг оси. Преобразования координат при зеркальном отражении, инверсии.
8. Сложение элементов симметрии. Основные понятия теории групп.
9. Точечные группы симметрии.
10. Трансляционные группы. Группы Браве. Открытые симметричные преобразования. Сочетания трансляций и точечных элементов симметрии.
11. Структурно-кристаллографические разновидности простых форм.
12. Связь между структурой и внешней формой кристаллов. Простые формы кристаллов в классах низшей и средней категорий.
13. Простые формы кристаллов в классах высшей категории – кубической сингонии.
14. Атомно-молекулярные модели роста кристаллов.
15. Основы кристаллохимии.
16. Координация атомов и ионов в структурах кристаллов. Координационные полиэдры.
17. Плотнейшие упаковки.
18. Изображение кристаллических структур. Типы структур. Изоморфизм

в структурах. Полиморфизм, политипизм и псевдоморфизм в кристаллах.

**Оценочные средства для текущей аттестации
Темы коллоквиумов.**

Коллоквиум 1. Симметрия кристаллов.

Вопросы.

1. Покажите на рисунке, какими основными трансляциями характеризуется кубическая объёмцентрированная решетка? Чему равен период повторяемости этой решетки в направлении $[110]$, $[120]$, $[310]$, если период повторяемости в направлении $[100]$ равен a ?

2. Покажите на рисунке, какими основными трансляциями характеризуется кубическая гранецентрированная решетка? Чему равен период повторяемости этой решетки в направлениях $[111]$, $[101]$, $[121]$, если период повторяемости в направлении $[001]$ равен a ?

3. Покажите на рисунке, какими основными трансляциями характеризуется ромбическая базоцентрированная решетка? Чему равен период повторяемости этой решетки в направлениях $[120]$, $[012]$, $[112]$, если период повторяемости в направлениях $[100]$, $[010]$ $[001]$ равны соответственно a , b , c ?

4. Сделайте проекцию нескольких смежных ячеек тетрагональной объёмцентрированной решетки на плоскости (100) и (001) . Рассчитайте расстояние между ближайшими узловыми сетками серий $\{110\}$ и $\{011\}$, если периоды повторяемости решетки в направлениях $[100]$ и $[001]$ равны, соответственно $3,2$ и $5,6$.

5. Изобразите в виде ортогональной проекции на горизонтальную плоскость некоторую вертикальную плоскость скользящего отражения типа c вместе с системой точек, связываемых с этой плоскостью, представив, что некоторая исходная точка имеет нулевую координату по вертикальной оси Z .

6. Покажите в виде проекции на горизонтальную плоскость систему точек, связанную вертикальной винтовой осью симметрии 4_1 , обозначая каждую точку координатой по оси Z.

7. Расшифруйте записанные пространственные группы: $Ra3$, $R6_3/mmc$, $I422$, $Cmcm$, $F222$, $P2_13$.

8. Изобразите в проекции на плоскость (011) пространственную группу $P4$. выведите правильные системы точек с координатами: $\frac{1}{4}00$, $\frac{1}{4}\frac{1}{4}0$, $\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{2}$ и определите их кратность.

9. К какому классу может относиться шестигранный тетрагональный кристалл?

10. Объяснить, почему есть кристаллографические классы C_{2v} , C_{3v} , C_{4v} , C_{6v} и классы D_{2d} и D_{3d} , но нет классов D_{4d} и D_{6d} ?

11. Перечислить гемиедрические группы для сингонии, голоэдрическая группа которой D_{6h} . какая из этих групп является гемиморфной?

12. Назвать гемиедрическую и гемиморфную группу для сингонии, одна из гемиедрических групп которой – 422.

13. Записать символы осей 2-го порядка в классах 222, 422, 32 и 432.

14. Записать символы трех любых ребер, параллельных грани (211).

15. У некоторого кристалла был изменен базис таким образом, что индексы плоскостей (100) и (010) остались без изменения, а индексы плоскостей $(\bar{1}01)$ стали (001). Какие индексы в новом базисе получили плоскости (011) и (121)? Какие индексы в новом базисе имеет старая координатная ось x?

16. В кристаллической решетке перешли к новому базису, заданному кратчайшими трансляциями в направлениях узловых рядов [011], [101],

[110]. Как изменятся при этом индексы узлового ряда [111] и плоскости (111)?

Коллоквиум 2. Описание некоторых кристаллических структур.

Вопросы.

1. Проекция ячейки Браве на плоскость
2. Тип решетки кристалла (с обоснованием)
3. Число формульных единиц (Z)
4. Координационное число и координационный многогранник (для каждого сорта атомов)
5. Характер структуры и тип связей
6. Описание в терминах плотной упаковки шаров, если оно возможно
7. Структурный класс
8. N – число атомов, приходящихся на ячейку.

Типовые задания к лабораторным работам

Лабораторная работа № 1.

Некристаллографические группы симметрии.

Задание:

- построить группу симметрии, приняв за генераторы поворот вокруг оси второго порядка и отражение в плоскости симметрии, составляющей с осью угол $22,5^{\circ}$;
- построить стереографическую проекцию элементов симметрии группы, записать ее обозначение по Шенфлису и Герману-Могену;
- записать групповое множество, указать порядок группы;
- перечислить подгруппы.

Примеры тестовых заданий

Контрольная работа 1

Вариант 1

1. Записать стандартными международными символами точечные группы: $\frac{2}{m}$ mm, $\bar{4}$ mm.

2. Определить порядок групп $23, \frac{4}{m}$. Перечислить операции симметрии.
3. Перечислить классы симметрии (точечные группы) низшей категории, являющиеся подгруппами класса 622 .
4. Построить групповое множество, квадрат Кейли, приняв за генераторы

$$\begin{matrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{matrix}.$$
5. Построить групповое множество, квадрат Кейли, приняв за генераторы

$$\begin{matrix} -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{matrix}.$$
6. Записать матрицу преобразования операции симметрии в кристаллографической системе координат и определить какого рода эта операция: m_{xy} .
7. Записать квадрат Кейли для группы 32 .
8. Записать элементы группового множества для групп D_3 .
9. Указать порядок точечных групп симметрии D_{6h}, D_{2d} .
10. Какая точечная группа симметрии получится, если к групповому множеству указанной группы добавить новую операцию симметрии: в группе $mm2$ – отражение в плоскости, перпендикулярной оси второго порядка.
11. Какие симметричные преобразования связывают следующие грани кристалла (hkl) и $(kh\bar{l})$?

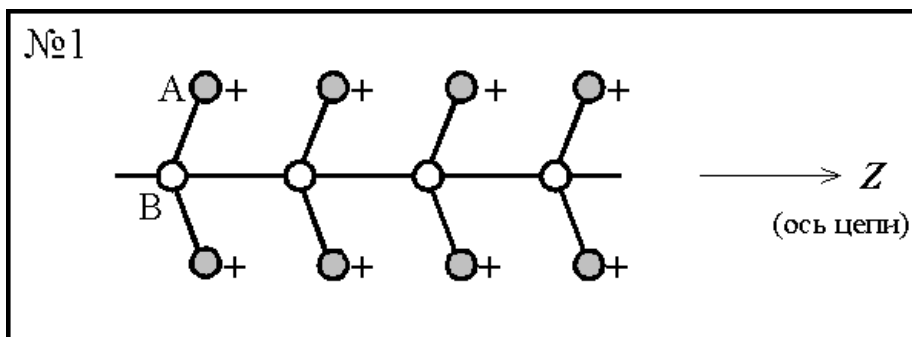
Контрольная работа 2

Записать структурные классы:

цепи или слоя и кристаллической структуры проекции которых показаны на рисунках. В обоих случаях рассмотреть два варианта: А и В - атомы разных элементов, А и В - атомы одного элемента. Указать тип решетки (дать пояснения).

Обоснованием решения является изображение расположения важнейших элементов симметрии на фоне расположения атомов. Следует иметь в виду, что в некоторых случаях для сопоставления построенного

рисунка со стандартным изображением группы необходимо перенести начало координат. Нужно также учесть, что для простоты часто изображаются не все элементы симметрии, входящие в группу, а лишь "порождающие" (указанные в символе группы) и центры инверсии



Контрольная работа 3

Вариант 1

1. Кристаллографическая система координат. Введите понятие кристаллографических реперов.
2. Кристаллографические реперы кристаллов средней и высшей категории.
3. Дайте определение примитивной и непримитивной элементарной ячейки. Приведете примеры, укажите группы трансляций.
4. Перечислите решетки Бравэ 7 сингоний кристаллов.
5. Введите понятие пространственной группы симметрии.
6. Запишите пространственные группы симметрии планального вида симметрии моноклинной сингонии.
7. Виды плотнейшей упаковки шаров: трехслойные и двухслойные структуры.
8. Структура α -Fe (пространственная группа $Im\bar{3}m$).
9. Дайте понятие координационного числа и координационного многогранника. Какой координационный многогранник соответствует координационному числу 8?
10. Структура рутила TiO_2 (пространственная группа $R4/mmm$).
11. Структура алмаза.

Тест по дисциплине «Теория симметрии кристаллов»

Вариант 1

1. Какую операцию симметрии необходимо добавить к перечисленным операциям симметрии, чтобы получилась группа: а) $\{e, 2_x, m_z, \dots\}$; б) $\{2_x, 2_y, 2_u, 3^1, 3^2, \dots\}$; в) $\{e, 2, 4^1, \dots\}$.

2. Показать эквивалентность зеркально-поворотной оси третьего порядка и инверсионной оси шестого порядка.

3. Записать квадрат Кейли для точечной группы C_{2h} .

4. Нарисовать стереографические проекции элементов симметрии точечных групп: C_3, S_4, C_{6h} .

5. Записать символ Шенфлиса и международный символ точечных групп, заданных кристаллографической формулой симметрии: а) $3L_2, L_22P, 3L_23PC$; б) $L_6, L_66L_2, L_66P, L_3P, L_33L_24P$.

6. Вывести группу симметрии, приняв за генераторы операции отражения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях симметрии и поворот вокруг оси второго порядка, перпендикулярной к одной из плоскостей. Изобразить элементы симметрии на стереографической проекции, дать обозначения группы в международной символике, записать обозначение по Шенфлису. Записать элементы группового множества.

Домашнее задание № 1

4.4. На рис. 4.3 приведены проекции элементарных ячеек тетрагональных кристаллов. Определить тип решеток Браве.

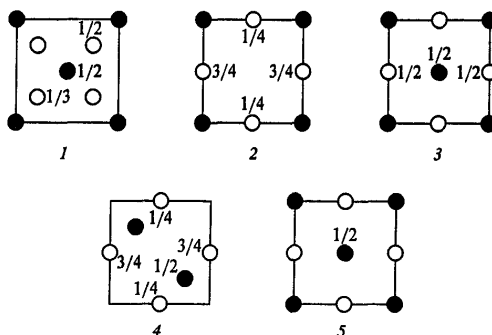


Рис. 4.3. К задаче 4.4