



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

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Огнев А.В.

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора департамента  
общей и экспериментальной  
физики

Короченцев В.В.

«15» декабря 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дополнительные главы кристаллографии**

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»

Использование синхротронного излучения (совместно с НИЯУ МИФИ, МГТУ им. Н. Э. Баумана, НИ  
НИЦ "Курчатовский институт")

**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 1

лекции – 16 час.

практические занятия - 0 час.

лабораторные работы – 18 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 0 /лаб. 18 час.

всего часов аудиторной нагрузки 34 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 38 час.

в том числе на подготовку к экзамену - 0 час.

контрольные работы (количество) – не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 1 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 914.

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

И.о. директора департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ к.х.н. 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 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

**Цель:** формирование представлений о периодической и квазипериодической структурах на атомном уровне; овладение комбинативным подходом к изучению различных форм кристаллического вещества, необходимыми методами исследования кристаллических многогранников и структур.

### Задачи:

- дать представление о современных проблемах кристаллографии, симметрии как инвариантности, саморавенстве объектов;
- сформулировать главные принципы структурообразования кристаллов;
- сформировать умение работать с квазипериодическими и модулированными структурами;
- ознакомление с базовыми понятиями геометрической кристаллографии, кристаллохимии, кристаллофизики;
- умение проводить описание кристаллов с помощью законов кристаллографии;

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются профессиональные компетенции.

## Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	<b>ПК-1</b> Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива	ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива
	<b>ПК-2</b> Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний	Знает алгоритм постановки цели и задач научного исследования
	Умеет формулировать научно-исследовательские задачи в соответствующей области знаний
	Владеет навыками постановки задачи научного исследования, теоретическими и экспериментальными методами, и средствами решения
ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов	Знает современное состояние науки в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов
	Умеет применять передовые методы и технологии в получении новых наноструктурированных материалов
	Владеет навыками анализа основных достижений и концепций в современной науке для разработки собственного технологического процесса создания наноматериалов и изделий электронной техники
ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива	Знает основы научно-исследовательской деятельности
	Умеет самостоятельно выбирать эффективные методы решения поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных, и прикладных результатов
	Владеет современными методами решения профессиональных задач; навыками осуществления самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности
ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	Знает основные методы проведения научного исследования
	Умеет формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи
	Владеет навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом
ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты	Знает методику проведения научного исследования
	Умеет организовывать НИР в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу
	Владеет навыками аналитической работы, методами и технологиями проведения научного исследования

## 1. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы 72 академических часа, в том числе 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и 38 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Лабораторные занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения

### Структура дисциплины:

#### Форма обучения – очная

	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Контроль из часов на СР	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		
1	Тема 1. Основные понятия кристаллографической геометрии	1	4	4			8	Зачет	
2	Тема 2. Внутреннее строение кристаллов	1	4	6		10			
3	Тема 3. Грамматика формы и ее связь с кристаллографией	1	4	4		10			
4	Тема 4. Основы кристаллохимии	1	4	4		10			
	Итого:		16	18			38		

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание темы
1	Основные понятия кристаллографической геометрии	( $r, R$ ) – системы точек. Теорема о локальной правильности системы точек. Разбиение пространства и методы их описания. Разбиение евклидовой плоскости – теория планигонов. Теория параллелоэдров и стереоэдров. Непериодические разбиения. Мозаики Пенроуза. Описание квазикристаллов и квазипериодических структур.
2	Внутреннее строение кристаллов	Пространственная решетка. Системы координатных осей. Понятие кристаллографической зоны. Уравнение зоны. Понятие кристаллографического и полярного комплексов. Стереографическая проекция. Сетка Вульфа и приемы работы с ней. Симметрия кристаллов. Преобразование координат при повороте вокруг оси. Преобразования координат при зеркальном отражении, инверсии. Сложение элементов симметрии. Основные понятия теории групп. Точечные группы симметрии. Трансляционные группы. Группы Браве. Открытые симметричные преобразования. Сочетания трансляций и точечных элементов симметрии.
3	Грамматика формы и	Структурно-кристаллографические разновидности простых

	ее связь с кристаллографией	форм. Связь между структурой и внешней формой кристаллов. Простые формы кристаллов в классах низшей и средней категорий. Простые формы кристаллов в классах высшей категории – кубической сингонии.
4	Основы кристаллохимии	Атомно-молекулярные модели роста кристаллов. Основы кристаллохимии. Координация атомов и ионов в структурах кристаллов. Координационные полиэдры. Плотнейшие упаковки. Изображение кристаллических структур. Типы структур. Изоморфизм в структурах. Полиморфизм, политипизм и псевдоморфизм в кристаллах.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

#### Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование темы занятия	Содержание лабораторной работы
1	Основные понятия кристаллографической геометрии	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подбор и изучение теоретического материала по теме.</li> <li>2. Постановка задач, определение порядка выполнения заданий. Обработка результатов выполненных заданий.</li> <li>3. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.</li> <li>4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов.</li> </ol>
2	Внутреннее строение кристаллов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подбор и изучение теоретического материала по теме.</li> <li>2. Постановка задач, определение порядка выполнения заданий. Обработка результатов выполненных заданий.</li> <li>3. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.</li> <li>4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов.</li> </ol>
3	Грамматика формы и ее связь с кристаллографией	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подбор и изучение теоретического материала по теме.</li> <li>2. Постановка задач, определение порядка выполнения заданий. Обработка результатов выполненных заданий.</li> <li>3. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.</li> <li>4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов.</li> </ol>
4	Основы кристаллохимии	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подбор и изучение теоретического материала по теме.</li> <li>2. Постановка задач, определение порядка выполнения заданий. Обработка результатов выполненных заданий.</li> <li>3. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.</li> <li>4. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов.</li> </ol>

#### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	в течение семестра	Работа с основной и дополнительной литературой, интернет-источниками. Подготовка к лабораторным занятиям.	30 час.	ПР-6 Лабораторная работа
	5-6 недели семестра	Подготовка к коллоквиуму 1	2 час.	УО-2 Коллоквиум
	8-9 недели семестра	Подготовка к коллоквиуму 2	2 час.	УО-2 Коллоквиум
	14-16 недели семестра	Подготовка к контрольной работе	4 час.	ПР-2 Контрольная работа
	ИТОГО		38 часов	

#### **4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

##### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью образовательного процесса и рассматривается как организационная форма обучения. Самостоятельная работа по дисциплине осуществляется в виде внеаудиторных форм познавательной деятельности.

##### ***Работа с литературой.***

Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах

или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

*Самостоятельная работа* включает в себя повторение теоретического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе лекционных занятий; изучение основной и дополнительной литературы, указанной в рабочей программе дисциплины, подготовку к лабораторным занятиям, коллоквиумам, контрольной работе.

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

***Лабораторная работа.***

**Структура отчета по лабораторной работе**

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

Отчет должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождаемая 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;

✓ *Выводы* – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

✓ *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.

### **Оформление отчета по лабораторной работе**

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);

- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

### **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»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую сквозную нумерацию страниц работы.

### ***Подготовка к коллоквиуму.***

Цель коллоквиума – выработка у учащихся профессиональных умений излагать мысли, аргументировать свои соображения, обосновывать предлагаемые

решения и отстаивать свои убеждения, анализировать симметрию кристаллов, описывать некоторые кристаллические структуры. При этом происходит закрепление информации и самостоятельной работы с дополнительным материалом.

На занятии проводится коллективное обсуждение вопросов в соответствии со списком. Вопросы студентам выдаются заранее. В обсуждении на равных принимают участие и студенты, и преподаватель. Преподаватель выступает инициатором обсуждения и модератором. Студенты высказывают собственные мысли, демонстрируя уровень знаний в рамках пройденного материала.

К данному занятию студентам необходимо прочитать учебную литературу и подготовить ответы на вопросы.

### ***Подготовка к контрольной работе.***

Цель контрольной работы – выработка у учащихся профессиональных умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по темам дисциплины, научиться находить и применять инструментарий, который наиболее приемлем для решения, проводить базовые процедуры для осуществления профессиональной деятельности, пользоваться физическими подходами и методами.

Контрольная работа включает в себя задания из всех пройденных тем дисциплины. При подготовке к контрольной работе студентам необходимо повторить теоретический материал по дисциплине.

## **5. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Основные понятия кристаллографической геометрии	ПК-1 ПК-2	знает	Лабораторная работа 1 (ПР-6)	зачет, вопросы 1-4
			умеет	Лабораторная работа 1 (ПР-6)	
			владеет	Лабораторная работа 1 (ПР-6)	

2	Внутреннее строение кристаллов	ПК-1 ПК-2	знает	Лабораторная работа 2 (ПР-6)	зачет, вопросы 5-10
			умеет	Лабораторная работа 2 (ПР-6) Коллоквиум 1 (УО-2) Коллоквиум 2 (УО-2)	
			владеет	Лабораторная работа 2 (ПР-6) Коллоквиум 1 (УО-2) Коллоквиум 2 (УО-2)	
3	Грамматика формы и ее связь с кристаллографией	ПК-1 ПК-2	знает	Лабораторная работа 3 (ПР-6)	зачет, вопросы 11-13
			умеет	Лабораторная работа 3 (ПР-6)	
			владеет	Лабораторная работа 3 (ПР-6)	
4	Основы кристаллохимии	ПК-1 ПК-2	знает	Лабораторная работа 4 (ПР-6)	зачет, вопросы 14-18
			умеет	Лабораторная работа 4 (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)	
			владеет	Лабораторная работа 4 (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе ФОС.

## **6. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Агеев, О. А. Методы формирования структур элементов наноэлектроники и наносистемной техники: Учебное пособие / Агеев О.А., Федотов А.А., Смирнов

В.А. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. - 72 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/948/73948>

2. Белов, Н. П. Основы кристаллографии и кристаллофизики. Часть I. Введение в теорию симметрии кристаллов: Учебное пособие / Белов Н.П., Покопцева О.К., Яськов А.Д. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. - 43 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/335/63335>

3. Егоров-Тисменко, Ю. К. Кристаллография и кристаллохимия : учебник для вузов / [под ред. В. С. Урусова]. М: МГУ, 2014. – 587 с. ЭК НБ ДВФУ: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:734049&theme=FEFU>

4. Лорд, Э. Э. Новая геометрия для новых материалов / Э.Э. Лорд, А. Л. Маккей, С. Ранганатан / Пер. с англ. под ред. В. Я. Шевченко, В. Е. Дмитриенко. М: Физматлит, 2010, 260 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48204>

5. Трушин, В. Н. Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов. Электронное учебно-методическое пособие / Трушин В.Н., Андреев П.В., Фаддеев М.А. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. - 89 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/210/79>

#### **Дополнительная литература**

1. 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».

2. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2009. - 416 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12979.html>

3. 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>

4. 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>

5. Шевченко, О. Ю. Основы физики твердого тела: учебное пособие / О.Ю. Шевченко. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2010. — 77 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67512.html>

#### **МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Крайнова, Г.С. Виды симметрии кристаллических многогранников. Типы кристаллических решеток. Методические указания по курсу «Кристаллография и кристаллофизика» / Крайнова Г.С., Полянский Д.А., Писаренко Т.А. Владивосток, ДВГУ, 2003, 32 с.

2. Крайнова, Г. С. Стереографическая проекция. Методические указания к лабораторной работе / Крайнова Г.С. Владивосток, 2010, 16 с.

3. Крайнова, Г.С. Точечные группы симметрии. Методические указания к лабораторной работе / Крайнова Г.С., Кузнецов Р.Ю. Владивосток, 2010, 22 с.

4. Электронный учебно-методический комплекс по теории симметрии. Владивосток, 2010.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. «Элементы». Научно-популярный сайт о последних достижениях науки и техники <http://elementy.ru>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

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

## **7. 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.

При организации учебной деятельности на занятиях широко используются как традиционные, так и современные электронные носители информации, а также возможности информационных и коммуникационных образовательных технологий.

Лекционные и лабораторные занятия проводятся в учебной группе.

Со стороны преподавателя студентам оказывается помощь в формировании навыков работы с литературой, анализа литературных источников.

Следует учитывать, что основной объем информации студент должен усвоить в ходе систематической самостоятельной работы с материалами, размещенными как на электронных, так и на традиционных носителях.

Для углубленного изучения материала курса дисциплины рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу.

Литературные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ, а также в электронных библиотечных системах (ЭБС), с доступом по гиперссылкам — ЭБС издательства "Лань" (<http://e.lanbook.com/>), ЭБС Znanium.com НИЦ "ИНФРА-М" (<http://znanium.com/>), ЭБС IPRbooks (<http://iprbookshop.ru/>) и другие ЭБС, используемые в ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>

Формами текущего контроля результатов работы студентов по дисциплине являются лабораторные работы, коллоквиумы, контрольная работа.

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется в форме зачета в конце 1 семестра.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

ДВФУ располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет.

Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

**Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

<b>Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины</b> 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. L 502. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	IBM SPSS Statistics Premium Campus Edition. Поставщик ЗАО Прогностические решения. Договор ЭА-442-15 от 18.01.2016 г., лот 5. Срок действия договора с 30.06.2016 г. Лицензия - бессрочно. SolidWorks Campus 500. Поставщик Солид Воркс Р. Договор 15-04-101 от 23.12.2015 г. Срок действия договора с 15.03.2016 г. Лицензия - бессрочно. АСКОН Компас 3D v17. Поставщик Нави-ком. Договор 15-03-53 от 20.12.2015 г. Срок действия договора с 31.12.2015 г. Лицензия - бессрочно. MathCad Education University Edition. Поставщик Софт Лайн Трейд. Договор 15-03-49 от 02.12.2015 г. Срок действия договора с 30.11.2015 г. Лицензия - бессрочно. Windows Edu Per Device 10 Education. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Под-писка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - 30.06.2020 г. Office Professional Plus 2019. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Подписка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - бессрочно. Autocad 2018. Поставщик Autodesk. Договор № 110002048940 от 27.10.2018 г. Сетевая, конкурентная. Срок действия договора с 27.10.2018 г. Лицензия - 27.10.2021 г. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1



		от 29.06.2012.
--	--	----------------

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.

## 9. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний	Знает алгоритм постановки цели и задач научного исследования
	Умеет формулировать научно-исследовательские задачи в соответствующей области знаний
	Владеет навыками постановки задачи научного исследования, теоретическими и экспериментальными методами, и средствами решения
ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов	Знает современное состояние науки в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов
	Умеет применять передовые методы и технологии в получении новых наноструктурированных материалов
	Владеет навыками анализа основных достижений и концепций в современной науке для разработки собственного технологического процесса создания наноматериалов и изделий электронной техники
ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива	Знает основы научно-исследовательской деятельности
	Умеет самостоятельно выбирать эффективные методы решения поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных, и прикладных результатов
	Владеет современными методами решения профессиональных задач; навыками осуществления самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности
ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	Знает основные методы проведения научного исследования
	Умеет формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи
	Владеет навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом
ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты	Знает методику проведения научного исследования
	Умеет организовывать НИР в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу
	Владеет навыками аналитической работы, методами и технологиями проведения научного исследования

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Основные понятия кристаллографической геометрии	ПК-1 ПК-2	знает	Лабораторная работа 1 (ПР-6)	зачет, вопросы 1-4
			умеет	Лабораторная работа 1 (ПР-6)	
			владеет	Лабораторная работа 1 (ПР-6)	
2	Внутреннее строение кристаллов	ПК-1 ПК-2	знает	Лабораторная работа 2 (ПР-6)	зачет, вопросы 5-10
			умеет	Лабораторная работа 2 (ПР-6) Коллоквиум 1 (УО-2) Коллоквиум 2 (УО-2)	
			владеет	Лабораторная работа 2 (ПР-6) Коллоквиум 1 (УО-2) Коллоквиум 2 (УО-2)	
3	Грамматика формы и ее связь с кристаллографией	ПК-1 ПК-2	знает	Лабораторная работа 3 (ПР-6)	зачет, вопросы 11-13
			умеет	Лабораторная работа 3 (ПР-6)	
			владеет	Лабораторная работа 3 (ПР-6)	
4	Основы кристаллохимии	ПК-1 ПК-2	знает	Лабораторная работа 4 (ПР-6)	зачет, вопросы 14-18
			умеет	Лабораторная работа 4 (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)	
			владеет	Лабораторная работа 4 (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)	

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

Текущая аттестация осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

– степень усвоения теоретических знаний;

– результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Для текущего контроля используется проверка отчетов по каждому лабораторному занятию.

Для дисциплины используются следующие оценочные средства:

1. Лабораторная работа (ПР-6).

2. Коллоквиум (УО-2).

3. Контрольная работа (ПР-2).

**Лабораторная работа (ПР-6)** – средство для закрепления и практического освоения материала по определенной теме.

Цель лабораторных работ – выработка у учащихся профессиональных умений применять полученные знания для решения практических задач в области магнитных явлений и материалов, умений и навыков пользоваться физическими подходами и методами для осуществления профессиональной деятельности.

Во всех лабораториях существуют особые правила поведения студентов, которые необходимо неукоснительно соблюдать – правила техники безопасности. За знание правил техники безопасности и обязательство их выполнять каждый студент должен расписаться в соответствующем журнале.

Домашнюю подготовку к работе рекомендуется вести следующим образом. Прочитать имеющееся описание работы и отметить возникшие вопросы и неясности. Затем прочитать соответствующие разделы по учебникам или конспектам лекций. После этого снова вернуться и к описанию, подробно

проработать его и особенно часть, посвященную практике, составить и записать примерный план проведения эксперимента.

Обработка результатов и оформление отчета проводится в течение недели после выполнения работы. Студент, не сдавший отчета в срок, к следующей работе не допускается.

### Пример задания к лабораторной работе

#### 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.

*Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):*

Выполнение лабораторной работы осуществляется студентом самостоятельно в часы лабораторных занятий.

При оценке работы студента преподаватель учитывает все этапы работы студента над отчетом. Если отчет не был принят преподавателем и возвращен для доработки, то все исправления вносятся в тот же экземпляр отчета.

При оценке учитывается правильность выполнения отчета. Выставляется дифференцированный зачет.

#### **Критерии оценки:**

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Студент показал прочные знания основных понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, знание методов, используемых в работе, методики обработки результатов. Показано хорошее понимание профессиональной значимости изучаемых вопросов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент показал умение работать с приборами и владение навыками представления и обработки	100 – 86  Зачтено  (отлично)

	результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в соответствии с требованиями, структурирован, не содержит ошибок; правильно и полно сформулирован вывод по работе.	
Базовый	Студент показал знания основных понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, знание методов, используемых в работе, методики обработки результатов. Показано хорошее понимание профессиональной значимости изучаемых вопросов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент показал умение работать с приборами и владение навыками представления и обработки результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в основном – в соответствии с требованиями, структурирован; правильно и полно сформулирован вывод по работе. Допускаются не более 2-х недочетов в оформлении отчета.	85-76 Зачтено (хорошо)
Пороговый	Студент показал базовые знания основных понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, демонстрирует, в целом, знание методов, используемых в работе, методики обработки результатов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент в целом показал умение работать с приборами и владение навыками представления и обработки результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в основном в соответствии с требованиями, не содержит грубых ошибок, вывод по работе сформулирован.	75-61 Зачтено (удовлетворительно)
Уровень не достигнут	Студент не выполнил лабораторную работу, либо показал незнание основных понятий, сущности явлений, рассматриваемых в работе, демонстрирует плохое знание или незнание методов, методики обработки результатов. Слабо сформировано или не сформировано умение работать с приборами, отсутствуют выводы по результатам работы. Отчет не соответствует требованиям, не сделан или сделан с грубыми ошибками.	60-0 Не зачтено (неудовлетворительно)

**Коллоквиум (УО-2)** - средство контроля усвоения учебного материала темы или раздела дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.

Цель коллоквиума – выработка у учащихся профессиональных умений излагать мысли, аргументировать свои соображения, обосновывать предлагаемые решения и отстаивать свои убеждения, анализировать симметрию кристаллов, описывать некоторые кристаллические структуры. При этом происходит закрепление информации и самостоятельной работы с дополнительным материалом.

На занятии проводится коллективное обсуждение вопросов в соответствии со списком. Вопросы студентам выдаются заранее. В обсуждении на равных принимают участие и студенты, и преподаватель. Преподаватель выступает инициатором обсуждения и модератором. Студенты высказывают собственные мысли, демонстрируя уровень знаний в рамках пройденного материала.

*Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):*

Коллоквиумы проводятся в рамках занятий темы 2 по обозначенным вопросам.

### **Вопросы к Коллоквиуму 1. Симметрия кристаллов.**

1. Покажите на рисунке, какими основными трансляциями характеризуется кубическая объёмноцентрированная 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 периоды повторяемости в направлениях  $[100]$ ,  $[010]$ ,  $[001]$  равны соответственно  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ?

4. Сделайте проекцию нескольких смежных ячеек тетрагональной объёмноцентрированной 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:  $Ra3$ ,  $R63/mmc$ ,  $I422$ ,  $Cmcm$ ,  $F222$ ,  $P213$ .

8. Изобразите в проекции на плоскость  $(011)$  пространственную группу  $R4$ . выведите правильные системы точек с координатами:  $00, 0,$  и определите их кратность.

9. К какому классу может относиться шестигранный тетрагональный кристалл?

10. Объяснить, почему есть кристаллографические классы  $C2v$ ,  $C3v$ ,  $C4v$ ,  $C6v$  и классы  $D2d$  и  $D3d$ , но нет классов  $D4d$  и  $D6d$ ?

11. Перечислить гемиедрические группы для сингонии, голоэдрическая группа которой  $D6h$ . 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  $(01)$  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  $(111)$ ?

## Вопросы к Коллоквиуму 2.

### Описание некоторых кристаллических структур.

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.

Ответы должны отличаться четкостью выражения мыслей, достаточным объемом знаний, аргументацией и обоснованностью выводов с опорой на примеры, характеризующих знание дополнительной литературы, понятийно-терминологического аппарата, умение ими пользоваться при ответе. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с вопросом коллоквиума.

**Критерии оценки:**

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Ответ показывает прочные знания основных понятий, отличается четкостью выражения мыслей; владением терминологическим аппаратом; умением объяснять сущность, явлений, процессов, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры. Студент ответил на все дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме вопроса коллоквиума.	100 – 86 Зачтено
Базовый	Ответ, обнаруживающий прочные знания основных понятий, отличается четкостью выражения мыслей; владением терминологическим аппаратом; умением объяснять сущность, явлений, процессов, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры. Студент ответил на основной вопрос, но не смог ответить на часть дополнительных вопросов, заданных преподавателем по теме вопроса коллоквиума.	85-76 Зачтено
Пороговый	Ответ, свидетельствующий в основном о знании основных понятий; отличается слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры. Студент ответил на основной вопрос, но не смог ответить на дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме вопроса коллоквиума.	75-61 Зачтено
Уровень не достигнут	Ответ, обнаруживающий незнание понятий, отличающийся незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы. Студент не ответил на вопросы коллоквиума, либо допустил содержательные и смысловые ошибки в ответе.	60-0 Не зачтено

**Контрольная работа (ПР-2)** - средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа.

Цель контрольной работы – выработка у учащихся профессиональных умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по



темам дисциплины, научиться находить и применять инструментарий, который наиболее приемлем для решения, проводить базовые процедуры для осуществления профессиональной деятельности, пользоваться физическими подходами и методами.

Контрольная работа включает в себя задания из всех пройденных тем дисциплины. При подготовке к контрольной работе студентам необходимо повторить теоретический материал по дисциплине.

### Пример контрольной работы

#### 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

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

5. Построить групповое множество, квадрат Кейли, приняв за генераторы

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ и } \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

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.

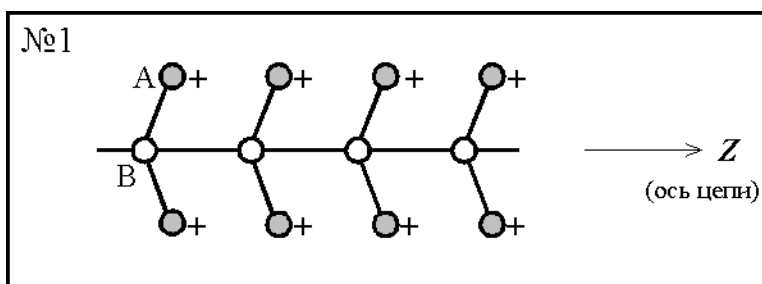
11. Какие симметричные преобразования связывают следующие грани кристалла  $(hkl)$  и  $(kh\bar{l})$ ?

Вариант 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



Вариант 3

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  $\alpha$ -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.

#### Вариант 4

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.

7. Изобразить элементы симметрии на стереографической проекции, дать обозначения группы в международной символике, записать обозначение по Шенфлису.

8. Записать элементы группового множества.

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

обязательной.

Форма отчётности по дисциплине – зачёт (1-й, осенний семестр). Студент допускается к зачёту после получения положительных оценок за лабораторные работы, коллоквиумы, контрольную работу, выполненные в течение семестра (оценочные средства для текущего контроля). Зачёт по дисциплине проводится в форме собеседования.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

### 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.

### Критерии выставления оценки студенту на зачете

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«зачтено»	Студент показывает глубокое и систематическое знание программного материала и структуры конкретного вопроса. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы. Логически корректное и убедительное изложение ответа.
«не зачтено»	Незнание, либо отрывочное представление пройденного программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

### ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения по дисциплине

Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: лабораторная работа)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: лабораторная работа, коллоквиум, контрольная работа)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b>	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач