



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

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
Крайнова Г. С.  
(подпись)  
« 15 » декабря 2021 г.



«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
физики низкоразмерных структур

  
Короченцев В. В.  
(подпись)  
« 15 » декабря 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Кристаллография и кристаллофизика**  
**Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Форма подготовки очная**

курс 3 семестр 5  
лекции 32 час.  
практические занятия не предусмотрены  
лабораторные работы - 34 час.  
в том числе с использованием МАО лек. /л/р. 18 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 66 час.  
в том числе с использованием МАО 18 час.  
самостоятельная работа 78 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36  
контрольные работы (количество) - 3  
курсовая работа / курсовой проект – 5 семестр  
зачет не предусмотрен  
экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 19.09.2017, № 927 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 5 от «14» января 2021 г.

И. о. директора  
департамента

к.х.н., доцент Короченцев В. В.

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

Владивосток

2021

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

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

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

**Цель** - формирование у студентов знаний по строению кристаллических, квазикристаллических и аморфных тел на атомном уровне, связи структуры тел с их физическими свойствами.

**Задачи:**

1) систематическое описание закономерностей макроскопических свойств кристаллов;

2) изложение основных представлений о влиянии симметрии на макроскопические свойства кристаллов;

3) установление связей между свойствами индивидуальных атомов и молекул и свойствами, обнаруживаемыми при объединении атомов или молекул в ассоциации в виде регулярно упорядоченных систем – кристаллов;

4) объяснение свойств кристаллов и аморфных твердых тел, опираясь на простые физические модели;

5) описание анизотропии электрических, упругих, оптических и магнитных свойств; установление явного вида физических свойств в различных сингониях, определение числа независимых параметров материальных тензоров.

Для успешного изучения дисциплины «Кристаллография и кристаллофизика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

УК-6 - способность управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни;

ОПК-1 - способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;

ОПК-2 - способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие элементы профессиональных компетенций:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-3.1 осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров ПК-3.2 осуществляет настройку высокотехнологичного оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации ПК-3.3 проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.1 Осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров	Знает принципы строения наноматериалов и наноструктур, основные характеристики кристаллического состояния Умеет осуществлять оценочные расчеты характеристик наноматериалов и наноструктур Владеет навыками оценки соответствия кристаллической структуры наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров
ПК-3.2 Осуществляет настройку высокотехнологичного оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	Знает принципы работы высокотехнологичного оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники, исходя из их кристаллической структуры Умеет осуществлять настройку высокотехнологичного оборудования производства материалов и изделий твердотельной нанoeлектроники Владеет навыками настройки и эксплуатации высокотехнологичного оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники с заданными служебными свойствами
ПК-3.3 Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и	Знает принципы модификации свойств кристаллических наноматериалов и наноструктур Умеет осуществлять подготовку к процессу модификации свойств кристаллических наноматериалов и

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.1 Осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров  наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	Знает принципы строения наноматериалов и наноструктур, основные характеристики кристаллического состояния
	Умеет осуществлять оценочные расчеты характеристик наноматериалов и наноструктур
	Владеет навыками оценки соответствия кристаллической структуры наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров
	Владеет навыками проведения процессов модификации свойств твердотельных наноматериалов и наноструктур в соответствии с заданными свойствами

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Кристаллография и кристаллофизика» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- лекция
- коллективная мыслительная деятельность
- проблемная ситуация.

А также индивидуальные методы активного обучения:

- выполнение практических задач.

## 2. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа).

(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
Лаб	Лабораторные работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

## Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	СР	Контроль	
1	Раздел I. Введение в кристаллографию	5	2	34	-	42	36	ПР-2, ПР-6, УО-1
2	Раздел II. Симметрия кристаллов		10		-			ПР-2, ПР-6, УО-1
3	Раздел III. Основные положения теории групп		4		-			ПР-2, УО-1
4	Раздел IV. Симметрия кристаллических структур		10		-			ПР-6, УО-1
5	Раздел V. Основы кристаллофизики		6		-			ПР-1, УО-1, УО-2
	Итого:		32	34	-	42	36	

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (32 ЧАСОВ)

### Раздел I. Введение в кристаллографию (2 часа).

#### Тема 1. История развития кристаллографии как науки (1 час)

Историческая справка о развитии кристаллографии как науки. Предмет кристаллографии и ее место среди других естественных наук. Сущность понятий «симметрии», «кристалл». Основные характеристики кристаллического вещества: однородность, анизотропия, способность самоограничаться, симметрия.

#### Тема 2. Понятие симметрии (1 час)

Симметрия – фундаментальный закон науки и техники. Симметрия в природе (биологические объекты, геологические объекты, объяснение формы Земли с позиций симметрии). Симметрия физических законов.

Основные этапы становления и развития науки о кристаллах. Современные кристаллографические области знаний: математическая кристаллография, кристаллохимия, минералогическая кристаллография, органическая кристаллохимия, физическая кристаллография.

## **Раздел II. Симметрия кристаллов (10 часов)**

### **Тема 1. Операции и элементы симметрии кристаллов (4 часа)**

Платоновские фигуры. Дуальное сопряжение. Закон Эйлера. Закон постоянства углов. Закон Вульфа – Брэггов.

Операции и элементы симметрии конечных фигур I и II рода (ось симметрии – поворотные, зеркальные и инверсионные, плоскость симметрии и центр симметрии). Их обозначение в символике Браве. Основной закон симметрии кристаллов - невозможность осей симметрии V порядка и выше порядков.

### **Тема 2. Точечные группы симметрии кристаллов (4 часа)**

Теоремы о сочетании элементов симметрии и их использование при выводе 32-х кристаллографических классов. Принцип Кюри. Координатные системы в кристаллографии, категории, сингонии. Международная символика и символика А. Шенфлиса точечных классов (групп) симметрии.

Кристаллографические проекции. Сферическая проекция, полярный комплекс кристалла. Стереографическая проекция. Гномостереографическая проекция. Сетка Вульфа.

Закон постоянства углов – основной закон кристаллографии.

### **Тема 3. Морфология кристалла (2 часа)**

Понятие «простая форма кристалла», ее характеристики, симметрия простой формы. Понятие «облик» и «габитус» кристалла. Простые формы кристаллов в классах разных сингоний. Комбинированные кристаллы.

## **Раздел III. Основные положения теории групп (4 часа)**

### **Тема 1. Элементы математического аппарата теории групп (6 часов).**

Понятие группы. Порядок группы, порядок элемента. Понятие циклической, абелевой групп. Четверная группа Клейна, четверная циклическая группа.

Понятие подгруппы. Нормальный делитель. Классы сопряженных элементов. Группа вращения равностороннего треугольника.

Точечные группы кристаллических многогранников.

#### **Раздел IV. Симметрия кристаллических структур (10 часов)**

##### **Тема 1. Симметрия структуры кристаллов (6 часов).**

Пространственная решетка – главный элемент симметрии кристаллических структур. Типы решеток Браве. Определение элементарной ячейки – ячейки Браве. Примитивная, условная ячейки Браве.

Трансляционные элементы симметрии – плоскости скользящего отражения, винтовые оси.

Общие представления о 230 пространственных группах симметрии. Правильные системы точек, их характеристики.

##### **Тема 2. Основы кристаллохимии (2 часа)**

Атомные и ионные радиусы. Основные понятия кристаллохимии: координационное число, координационный многогранник, число формульных единиц.

##### **Тема 3. Типы химической связи в кристаллах (2 часа)**

Типы связи в кристаллических структурах, их различия. Гомодесмические и гетеродесмические структуры. Координационные многогранники.

Основные типы структур (структура  $\alpha$ -железа, меди, магния, вольфрама, поваренной соли, алмаза, графита, сфалерита и вюрцита, рутила).

#### **Раздел V. Основы кристаллофизики (6 часов).**

**Тема 1. Тензорное описание физических свойств кристаллов (2 часа)**

Кристаллофизические системы координат. Скалярные физические свойства, векторные свойства кристаллов. Физические свойства кристаллов, описываемые тензором II ранга.

### **Тема 2. Физические свойства кристаллов (4 часа)**

Магнитные свойства, двойное лучепреломление, тепловое расширение.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (34 ЧАСА)**

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (34 часа).**

#### **Лабораторная работа № 1. Точечные группы симметрии кристаллов (4 часа).**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

- 1) определение формулы симметрии;
- 2) определение точечного класса симметрии;
- 3) определение сингонии;
- 4) определение категории;
- 5) операции и элементы симметрии, решение задач;
- 6) вывод точечных групп симметрии, обозначение точечных классов симметрии по формуле симметрии, Шенфлису, международный символ.

3. Составление отчета, формулировка выводов.

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

## **Лабораторная работа № 2. Методы проецирования кристаллов (6 часов)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

- а) определение симметрии кристаллического многогранника;
- б) построение стререограмм кристаллических многогранников;
- в) решение задач.

3. Составление отчета, формулировка выводов.

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

## **Лабораторная работа № 3. Метод кристаллического индицирования: символы узлов, ребер, граней кристалла; параметры Вейсса, индексы Миллера (6 часов)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

**Закон Гаюи** – закон рациональности отношения параметров граней. Понятие «единичная грань» и ее выбор в кристаллах разных сингоний. Уравнение плоскости, ее кристаллографическое прочтение. Связь символов граней и ребер кристалла.

### **Методы проецирования кристаллов**

- 1) выбор кристаллографических координатных осей и единичной грани в кристаллах разных сингоний;
- 2) приемы определения символов граней кристаллов;
- 3) индицирование (на моделях) кристаллов различных классов, сингоний, категорий;

- 4) решение графических и расчетных задач с применением теорем взаимодействия элементов симметрии;
- 5) определение символов граней и ребер кристаллов различными способами;
- б) решение задач.

3. Составление отчета, формулировка выводов.

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

#### **Лабораторная работа № 4. Матричное представление элементов симметрии (6 часов)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

- 1) матричный метод описания элементов симметрии;
- 2) матрицы точечных операций и элементов симметрии;
- 3) точечные группы симметрии: изучение точечной симметрии кристаллов с использованием компьютерной программы PointGroups;

4) решение задач.

3. Составление отчета, формулировка выводов.

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

#### **Лабораторная работа № 5. Элементы теории групп в описании кристаллических структур (6 часов)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

2. Выполнение практической работы:

- 1) основные положения теории групп;
- 2) абстрактные точечные группы;
- 3) 32 точечные группы симметрии кристаллов;
- 4) решение задач.

3. Составление отчета, формулировка выводов.

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

### **Лабораторная работа № 6. Описание пространственной группы симметрии кристаллов (6 часов)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнения практической части лабораторной работы:

описание симметрии кристаллических структур по их пространственным моделям:

- 1) выбор элементарной ячейки;
- 2) определение типа решетки Браве;
- 3) подсчет числа атомов, приходящихся на ячейку;
- 4) подсчет числа формульных единиц;
- 5) определение координационных чисел и многогранников;
- 6) описание структуры кристалла в терминах плотнейших упаковок;
- 7) определение группы симметрии;
- 8) определение типа связи.

3. Составление отчета, формулировка выводов.

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

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Кристаллография и кристаллофизика» представлено в Приложении 1, включает в себя:

- характеристику заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
  - требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
  - критерии оценки выполнения самостоятельной работы;
  - методические пособия к выполнению лабораторных работ.
- План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя семестра	Лабораторная работа 1, подготовка отчета, работа над курсовой работой	5 час.	ПР-6 (лабораторная работа)
2	2-3 недели семестра	Лабораторная работа 2, подготовка отчета, работа над курсовой работой	5 час	ПР-6 (лабораторная работа)
3	4-5 недели семестра	Лабораторные работа 3, подготовка отчета, работа над курсовой работой	5 час.	ПР-6 (лабораторная работа)
4	6-8 недели семестра	Подготовка к контрольным работам	6 час.	ПР-2 (контрольная работа)
5	9-10 недели семестра	Лабораторная работа 4, подготовка отчета, работа над курсовой работой	5 час.	ПР-6 (лабораторная работа)
6	11-12 недели семестра	Лабораторная работа 5, подготовка отчета, работа над курсовой	5 час.	ПР-6 (лабораторная работа)

		работой		
7	13-14 недели семестра	Лабораторная работа 6, подготовка отчета, работа над курсовой работой	5 час.	ПР-6 (лабораторная работа)
8	15-16 недели семестра	Подготовка к контрольной работе №2	6 час.	ПР-2 (контрольная работа)
9	17-18 недели семестра	Подготовка к экзамену	36 час.	Вопросы к экзамену
Итого:			78 час.	

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

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратите внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

### *Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать 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.

### *Работа с конспектом лекций*

В конспекте лекций необходимо кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Нужно проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или практических работах.

**Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.**

### **Работа на лабораторными работами**

Перед лабораторной работой студент должен самостоятельно изучить методические указания по ее выполнению, ознакомиться с содержанием работы, прочитать необходимую учебную литературу для понимания физических процессов, изучаемых в лабораторной работе. После успешного выполнения лабораторной работы студент самостоятельно пишет обрабатывает полученные данные и пишет отчет по лабораторной работе. В методических указаниях по выполнению лабораторных работ после каждой лабораторной работы следуют контрольные вопросы. На них необходимо подготовить ответы. Кроме того, необходимо иметь базовые знания по изучаемой теме. Только после теоретической подготовки и написания отчета можно пробовать сдать

отчет. Сдача отчета проводится во время практических занятий, когда студенты не работают за лабораторными установками.

### *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;

- ✓ *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*

Лабораторная работа относится к категории «*письменная работа*», оформляется *по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ*.

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.

*Рекомендации по оформлению графического материала,  
полученного с экранов в виде «скриншотов»*

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Выполнение самостоятельных работ оценивается

- при сдаче и защите отчетов по лабораторным работам
- написании контрольных работ

Критерии оценки индикаторов выполнения самостоятельной работы по курсу приведены в разделе VIII.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1. Симметрия структуры кристаллов	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	экзамен, вопросы 1 - 18
			умеет	Домашнее задание (УО-1)	
			владеет	Контрольные работы (ПР-2)	
2	Тема 2. Основные положения теории групп	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	знает	Устный опрос (УО-1)	экзамен, вопросы 19 - 22
			умеет	Работа на практических занятиях, выполнение домашних заданий (УО-1)	
			владеет	Контрольные работы (ПР-2)	
3	Тема 3. Симметрия кристаллических структур. Основы кристаллохимии	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	знает	Устный опрос (УО-1), индивидуальные задания (ПР)	экзамен, вопросы 23 - 29
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	
			владеет	Контрольные работы (ПР-2)	

4	Тема 4. Основы кристаллофизики	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	знает	Коллоквиум (УО-2)	экзамен, вопросы 30 – 34
			умеет	Домашнее задание (УО-1)	
			владеет	Письменная работа (ПР-1)	

Вопросы и типы заданий к экзамену, 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.

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

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Р.П. Дикарева. Введение в кристаллографию // М: Наука, 2007. – 240 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:269126&theme=FEFU>
2. 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>
3. 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>
4. 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>

5. 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>

**Дополнительная литература**  
(печатные и электронные издания)

1. Кристаллография. Лабораторный практикум. Под редакцией Е.В. Чупрунова // М.: Физматлит, 2005. – 412 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:417643&theme=FEFU>

2. Задачи по кристаллографии. Под ред. Проф. Е.В. Чупрунова и проф. А.Ф. Хохлова // М.: Физматлит, 2003. – 208 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:417720&theme=FEFU>

3. М.П. Шаскольская. Кристаллография // М., Высшая школа, 1984, 392 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:244987&theme=FEFU>

4. И. Костов. Кристаллография // М., Мир, 1965, 528 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:93135&theme=FEFU>

5. Б.К. Вайнштейн. Современная кристаллография. // М., наука, 1979, 1200 с.

Т.1. Симметрия кристаллов. Методы структурной кристаллографии.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:67138&theme=FEFU>

Т.2. Структура кристаллов.

Т.3. Образование кристаллов.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:42851&theme=FEFU>

Т.4. Физические свойства кристаллов.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:44870&theme=FEFU>

6. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела // М., Мир, 1979, 402 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:67373&theme=FEFU>

7. Г. Штрайтвольф. Теория групп в физике твердого тела // М., Мир, 1971, 262 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:670142&theme=FEFU>

8. Дж. Най. Физические свойства кристаллов // М., Мир. 1967, 376 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:68558&theme=FEFU>
9. А.Б. Ройцин. Икосаэдрическая симметрия. Природа, 1993, N 8, с. 14-35.
10. Ю.К. Егоров-Тисменко, Г.П. Литвинская. Теория симметрии кристаллов // М.:ГЕОС, 2000, 410 с.
11. Ю.Г. Загальская, Г.П. Литвинская, Ю.К. Егоров-Тисменко. Геометрическая кристаллография // М.: МГУ, 1986, 168 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:52624&theme=FEFU>
12. Г.Б. Князев. Введение в кристаллографию // Томск.: ТГУ , 1999, 219 с.
13. А.В. Шубников, В.А. Копцик. Симметрия в науке и искусстве // Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2004. – 567 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/16624.html>
14. И. А. Батаев, А. А. Батаев. Кристаллография. Обозначение и вывод классов симметрии // Новосибирск, НГТУ, 2015 , 60 с.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В общей трудоемкости дисциплины 144 час. (4 ЗЕ) аудиторные занятия составляют 66 часов, включая лекции (32 часа) и лабораторные занятия (34 часа).

По дисциплине предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа в объеме 78 часов на курс дисциплины.

Расписание аудиторных занятий включает в неделю 4 часа. Рекомендуется учащимся планировать внеаудиторную самостоятельную работу в объеме 5,0 часов в учебную неделю.

Для углубленного изучения теоретического материала курса дисциплины рекомендуются использовать основную и дополнительную литературу, указанную в приведенном выше перечне.

Рекомендованные источники доступны студентам в научной библиотеке (НБ) ДВФУ, а также в электронной библиотечной системе (ЭБС) IPRbooks.

Доступ к системе ЭБС IPRbooks осуществляется на сайте [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru) под учётными данными вуза (ДВФУ):

логин **dvfu**, пароль **249JWmhe**.

Для подготовки к зачету определен перечень вопросов, представленный ниже, в материалах фонда оценочных средств дисциплины.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Образовательный процесс по дисциплине «Кристаллография и кристаллофизика» проводится в лекционных аудиториях корпуса L и лаборатории материаловедения и кристаллографии кафедры физики низкоразмерных структур (Кампус ДВФУ) с возможностью использования презентаций. Задания для самостоятельной работы и некоторые главы лекционного курса предоставляются студентам в распечатанном виде.

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 441. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 15) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Специализированное ПО не требуется
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.)	Специализированное ПО не требуется

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступны лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

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.

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

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку к контрольным работам, выполнение домашних заданий по определенным разделам дисциплины. Типовые домашние задания и вопросы к контрольным работам приведены в рабочей программе дисциплины и методических указаниях.

*Для самостоятельного ознакомления студентам вынесены темы, которые были затронуты в других курсах направления подготовки «Электроника и наноэлектроника».*

1. Внутренняя структура кристаллов.

Понятие кристаллографического репера. Распределение кристаллов по категориям, сингониям.

2. Понятие трансляционной симметрии. Решетка Браве.

Типы решеток Браве на плоскости и в трехмерном пространстве.

3. Распределение решеток Браве по сингониям.

4. 14 групп трансляций.

5. Элементы тензорного исчисления.
6. Тензоры нулевого, первого, второго порядков.
7. Скалярные, векторные, тензорные свойства кристаллов.
8. Электрические и магнитные свойства твердых тел.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Для дисциплины «Физика магнитных явлений» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Лабораторная работа (ПР-6) защита отчета
2. Коллоквиум (УО-2)

Письменные работы

3. Лабораторная работа (ПР-6), написание отчета
4. Домашнее задание (УО-1)
5. Контрольная работа (ПР-2)

### **Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, понимание материала, самостоятельность выполнения домашних задач, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к экзамену.

### **Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Лабораторные работы позволяют студентам непосредственно ознакомиться с научным экспериментальным оборудованием, научиться получать

экспериментальные результаты, обрабатывать их, анализировать результаты и делать выводы.

Контрольные работы нужны для более полного и постепенного усвоения теоретического материала и проверки самостоятельной работы студентов в данном направлении.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Кристаллография и кристаллофизика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (7-й, осенний семестр). Форма экзамена – два письменных вопроса, на которые студенту дается 40 мин, затем 2 произвольных устных вопроса. Допуск к экзамену возможен только после сдачи всех отчетов по лабораторным работам, написанию контрольных работ и защиты курсового проекта.

### **Методические указания по сдаче экзамена**

Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять экзамен в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего

зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При неявке студента на экзамен в ведомости делается запись «не явился».

## **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

### **(вопросы к экзамену)**

1. Введение в кристаллографию. Платоновские фигуры, дуальное сопряжение, формула Эйлера.
2. I закон кристаллографии - закон постоянства углов (понятие идеально развитого, искаженного кристаллов). Доказательство закона Вульфа-Брэггов.
3. Кристаллическое состояние. Макроскопические характеристики: габитус кристалла, простая, комбинированная кристаллические формы, зона, ось зоны кристалла.
4. Микроструктура кристаллического состояния вещества.
5. Метод кристаллического индицирования (символы узлов, ребер, плоскостей). Установка кристаллов. Понятие единичной грани. Связь между символами граней и ребер.
6. Сферическая проекция (полярный комплекс, сфера проекции, определение положения точки).
7. Стереографическая проекция (проецирование вертикальных и горизонтальных направлений).
8. Кристалл – однородная анизотропная симметричная среда. Понятие узлового ряда, узловой сетки. Трехмерная узловая сетка.
9. Решетка Браве: определение, основные характеристики.
10. Элементы симметрии кристаллических многогранников I рода (международный символ, обозначение по формуле симметрии, изображение в стереографической проекции).

11. Невозможность осей симметрии  $V$  порядка в кристаллах. Принцип Кюри. Взаимодействие элементов симметрии.
12. Элементы симметрии II рода. Формула симметрии. Эквивалентные, неэквивалентные элементы симметрии.
13. Матричные представления элементов симметрии.
14. Теоремы о сочетании элементов симметрии (доказательства).
15. Понятие единичного направления. Кристаллографические категории, сингонии. Определение класса симметрии.
16. Точечные группы симметрии. Простейший, центральный, планальный классы симметрии низшей и средней категории кристаллов.
17. Точечные группы симметрии. Аксиальный, инверсионно-примитивный, планаксиальный классы симметрии низшей и средней категории кристаллов.
18. Вывод классов симметрии кристаллов высшей категории.
19. Понятие группы; конечная группа, порядок группы, порядок элемента. Абелева группа, циклическая группа.
20. Четверная группа Клейна  $D_2$ , четверная циклическая группа.
21. Понятие подгруппы. Нормальный делитель, сопряженные классы элементов. Группа элементов вращения равностороннего треугольника  $D_3$ .
22. Точечные группы  $C_n, S_{2n}, C_{nh}, C_{nv}, D_n, D_{nh}, D_{nd}, T, T_d, T_h, O, O_h$ .
23. Принцип плотнейшей шаровой упаковки. Двухслойные, трехслойные структуры. Примеры. Понятия координационного числа и координационного многогранника.
24. Элементы симметрии кристаллических многогранников: плоскости скользящего отражения, винтовые оси.
25. Пространственные группы симметрии кристаллов. Группы трансляций решетки Браве.
26. Правильные системы точек. Кратность решетки Браве. Структура куприта  $Cu_2O$ .

27. Структура NaCl,  $\alpha$ -Fe, Mg, сфалерита ZnS, вюрцита, рутила TiO<sub>2</sub>, флюорита CaF<sub>2</sub>.
28. Структура кристалла и химическая связь. Структуры алмаза, графита.
29. Икосаэдрическая симметрия. Квазикристаллы.
30. Физические свойства кристаллов: скалярные, векторные, тензорные.
31. Пироэлектрический эффект.
32. Диэлектрические свойства кристаллов.
33. Магнитные свойства кристаллов. Группы антисимметрии Шубникова.
34. Двойное лучепреломление.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине  
«Физика магнитных явлений»:**

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он полно 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, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76 - 85	хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61 -75	удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при решении задач.
0 -60	неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет решение задач. Как правило, оценка «неудовлетворительно»

		«неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	--	--

## Критерии оценки практических (домашних) заданий

Оценивание домашних заданий проводится индивидуально.

Все домашние задания представляются в отдельной тетради и оцениваются по системе «зачтено» / «не зачтено».

В рамках текущего контроля уровня усвоения знаний по дисциплине допускается результат не ниже 80% решенных задач, входящих в блок «Домашние задания».

## Критерии оценивания отчета по лабораторной работе

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент присутствовал на лабораторной работе, самостоятельно получил необходимые экспериментальные результаты, оформил отчет в соответствии с требованиями, правильно построил графические зависимости физических величин, сделал правильные выводы, объяснил ход закономерностей, продемонстрировал глубокое знание теории изучаемых явлений, правильно ответил на контрольные вопросы
«не зачтено»	Студент не предоставил отчет, либо отчет не соответствует установленным требованиям по оформлению или содержанию, не содержит выводов. Студент предоставил правильно оформленный отчет, но использовал чужие данные. Студент предоставил правильно оформленный отчет, но не может ответить на контрольные вопросы.

## Типовые задания к домашним работам

1. Найти индексы узлового ряда, проходящего через узлы  $[[321]]$  и  $[01-1]$ .
2. Задан узловой ряд  $[110]$ . Записать индексы нескольких узлов, лежащих на параллельном узловом ряду, проходящем через узел  $[[100]]$ .
3. Найти индексы плоскости, проходящей через три узла кристаллической решетки  $[[0-11]]$ ,  $[[3-20]]$ ,  $[[30-2]]$ .
4. Найти индексы кристаллической решетки, лежащей в плоскости  $(100)$ , проходящей через начало координат.
5. Узловая плоскость отсекает по координатным осям отрезки, равные  $2a$ ,  $3b$ ,  $c$ . Каковы ее индексы?

6. Изобразить в кубе заданные направления:  $[1-12]$ ,  $[03-1]$ ,  $[33-1]$ ,  $[40-1]$ ,  $[2-12]$ ,  $[02-1]$ ,

7. Изобразить в кубе заданные плоскости:  $(11-2)$ ,  $(021)$ ,  $(3-31)$ ,  $(4-10)$ ,  $(-2-21)$ ,  $(13-1)$ ,  $(221)$ .

8. Найти аналитически направление линии пересечения пары плоскостей из п. 7 и изобразить в кубе.

9. Найти плоскость, в которой лежат два направления из п. 6, изобразить ее в кубе.

10. Найти угол между направлениями  $[110]$  и  $[112]$ .

## Типовые задания к контрольным работам

### Контрольная работа I по курсу «Кристаллография и кристаллофизика»

#### Вариант 1

1. Найти произведение операций  $2_z \cdot 2_x =$
2. Расшифровать (записать по Браве), отметить некристаллографические классы:  $3m, \frac{8}{m}$
3. Пользуясь правилами взаимодействия элементов симметрии, дополнить (на стереографической проекции) элементы симметрии классов и записать их обозначения всеми способами

#### Вариант 2

1. Найти произведение операций  $4_x \cdot 2_z =$
2. Расшифровать (записать по Браве), отметить некристаллографические классы:  $23, \bar{1}1m$
3. Пользуясь правилами взаимодействия элементов симметрии, дополнить (на стереографической проекции) элементы симметрии классов и записать их обозначения всеми способами

### Контрольная работа III по курсу «Кристаллография и кристаллофизика»

#### Вариант 1

Какую операцию симметрии необходимо добавить к перечисленным операциям симметрии, чтобы получилась группа: а)  $\{e, 2x, m_z, \dots\}$ ; б)  $\{2x, 2y, 2u, 3^1, 3^2, \dots\}$ ; в)  $\{e, 2, 4^0_1, \dots\}$ .

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)  $L_6, L_66L_2, L_66P, L3P, L_33L_24P$ .
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 символической записи, записать обозначение по Шенфлису. Записать элементы группового множества.

### Контрольная работа III по курсу «Кристаллография и кристаллофизика»

#### Вариант 2

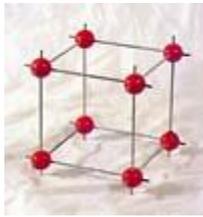
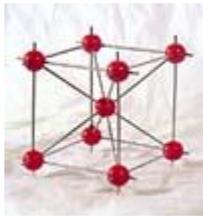
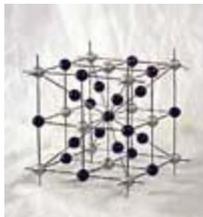
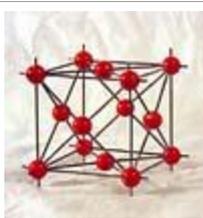
1. Какую операцию симметрии необходимо добавить к перечисленным операциям симметрии, чтобы получилась группа: а)  $\{e, 2x, 2y, \dots\}$ ; б)  $\{e, 3^1, 3^2, \bar{3}^1, \bar{3}^{-1}, \dots\}$ ; в)  $\{e, 2x, 2y, 2z, m, 4^0_1, 4^0_{-1}, \dots\}$ .
2. Показать эквивалентность зеркально-поворотной оси четвертого порядка и инверсионной оси четвертого порядка.
3. Записать символ Шенфлиса и международный символ группы, заданной символом Браве  $L_4 4L_2 5PC$ .
4. Нарисовать стереографические проекции элементов симметрии точечных групп:  $C_s, C_4, C_{3h}$ .
5. Записать символами Шенфлиса и международными символами точечные группы, заданные кристаллографической формулой симметрии: а)  $L_4, L_4 PC, L_4 4P, \bar{L}_4 2L_2 2P$ ; б)  $3L_2 4L_3, 3L_4 4L_3 6L_2, 3\bar{L} 44L_3 6P$ .
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 символической записи, записать обозначение по Шенфлису. Записать элементы группового множества.

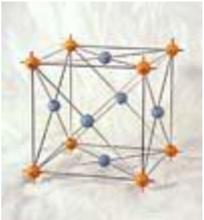
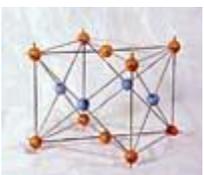
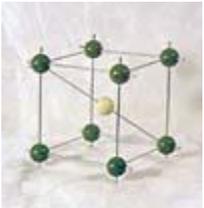
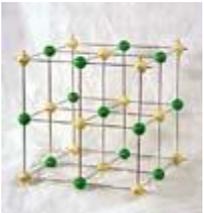
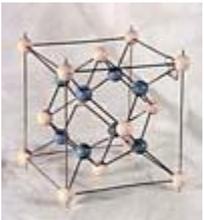
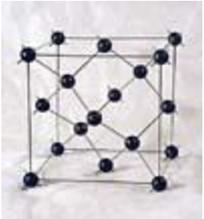
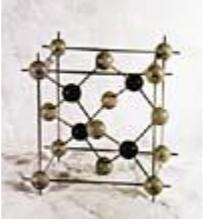
## Контрольная работа №4

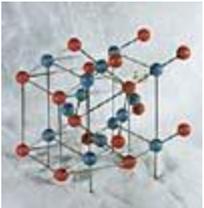
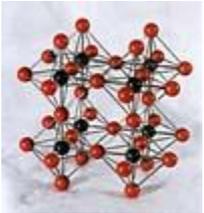
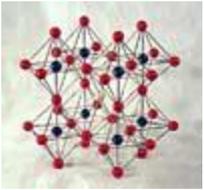
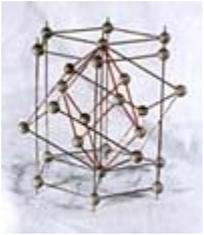
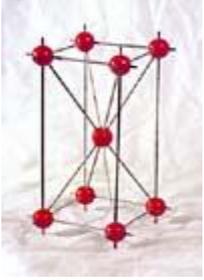
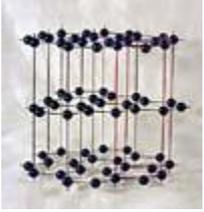
### Вариант 1.

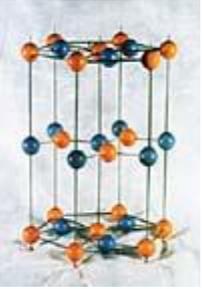
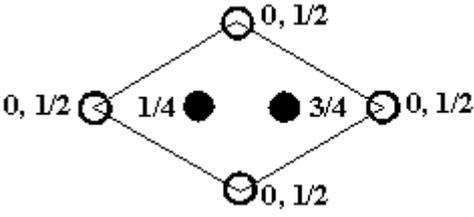
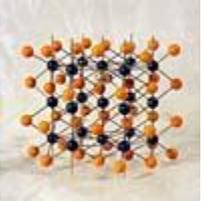
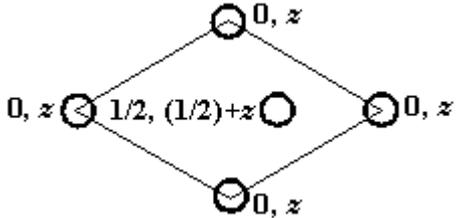
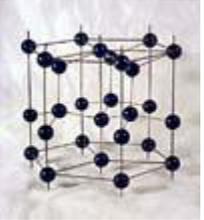
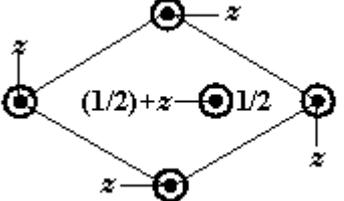
1. Перечислите сингонии средней категории кристаллов. Дайте их общую характеристику.
2. Изобразите ОЦК решетку. Обозначьте индексы всех атомов.
3. Даны кристаллы триклинной, тригональной, моноклинной и кубической сингоний. Расставьте кристаллы по мере убывания их анизотропии.
4. Дайте определение примитивной элементарной ячейки.
5. Какая операция симметрии является тождественной или единичной операцией?

### Пример индивидуальных заданий:

	Описание некоторых простых кристаллических структур	
<u><a href="#">α-Po</a></u>	Атомы в вершинах кубической ячейки	
<u><a href="#">α-Fe</a></u>	Атомы в вершинах и в центре кубической ячейки	
<u><a href="#">Fe3Al</a></u>	Атомы Al в вершинах кубической ячейки и в центрах всех ее граней; атомы Fe в серединах всех ребер ячейки, в ее центре, а также в центрах восьми октантов <sup>1)</sup>	
<u><a href="#">Cu</a></u>	Атомы в вершинах кубической ячейки и в центрах всех ее граней	

<u><a href="#">Cu<sub>3</sub>Au</a></u>	Атомы Au в вершинах кубической ячейки; атомы Cu в центрах всех граней ячейки	
<u><a href="#">CuAu</a></u>	В тетрагональной ячейке атомы Au и Cu расположены в чередующихся слоях, перпендикулярных оси $z$ ; отношение параметров $c/a = 1,41$ . Для псевдокубической структуры, которой соответствует приведенная в данной таблице модель, отношение параметров $c/a = 1,07$	
<u><a href="#">Mg</a></u>	Атомы в вершинах гексагональной ячейки и в центре одной из двух тригональных призм, на которые делится гексагональный параллелепипед плоскостью, проходящей через малые диагонали ячейки. Отношение параметров $c/a = 1,62$	
<u><a href="#">CsCl</a></u>	Атомы Cl в вершинах кубической ячейки; атом Cs в ее центре	
<u><a href="#">NaCl</a></u>	Атомы Na в вершинах кубической ячейки и в центрах всех граней; атомы Cl в центре ячейки и в серединах всех ее ребер	
<u><a href="#">CaF<sub>2</sub></a></u>	Атомы Ca в вершинах кубической ячейки и в центрах всех ее граней; атомы F в центрах всех восьми октантов	
<u><a href="#">Алмаз</a></u>	Атомы C в вершинах кубической ячейки, в центрах ее граней и в центрах четырех из восьми октантов ( в шахматном порядке)	
<u><a href="#">ZnS (сфалерит)</a></u>	Атомы S в вершинах кубической ячейки и в центрах ее граней; атомы Zn в центрах четырех из восьми октантов ( в шахматном порядке)	

<p><u><b>Cu<sub>2</sub>O</b></u></p>	<p>Атомы О в вершинах и в центре кубической ячейки; атомы Си в центрах четырех из восьми октантов ( в шахматном порядке)</p>	
<p><u><b>ReO<sub>3</sub></b></u></p>	<p>Атомы Re в вершинах кубической ячейки; атомы О в серединах всех ее ребер</p>	
<p><u><b>CaTiO<sub>3</sub></b></u></p>	<p>Атомы Ti в вершинах кубической ячейки, атом Са в ее центре; атомы О в серединах всех ребер ячейки</p>	
<p><u><b>AlB<sub>2</sub></b></u></p>	<p>Атомы Al в вершинах гексагональной ячейки, атомы В в центрах обеих тригональных призм, на которые делится гексагональный параллелепипед плоскостью, проходящей через малые объемные диагонали ячейки. Отношение параметров <math>c/a = 1,08</math></p>	
<p><u><b>Hg</b></u></p>	<p>Атомы в вершинах гексагональной ячейки; еще два атома на большой объемной диагонали ячейки (они делят эту диагональ на три равные части). Отношение параметров <math>c/a = 1,92</math>.</p>	
<p><u><b>In</b></u></p>	<p>Атомы в вершинах и в центре тетрагональной ячейки. Отношение параметров <math>c/a = 1,52</math>.</p>	
<p><u><b>α-графит</b></u></p>	<p>Атомы С образуют слои, состоящие из сопряженных правильных шестиугольников. Слои налагаются по закону ...АВАВАВ...; слой В сдвинут относительно слоя А на величину вектора, равного связи С–С. Отношение параметров <math>c/a = 2,72</math>.</p>	

<p><u><b>BN</b></u></p>	<p>Атомы В и N, чередуясь (атом В окружен атомами N, атом N окружен атомами В), образуют слои, состоящие из сопряженных правильных шестиугольников. Слои налагаются так, что шестичленные циклы находятся друг над другом (атомы В над атомами N, атомы N над атомами В). Отношение параметров <math>c/a = 2,66</math>.</p>	
<p><u><b>NiAs</b></u></p>	<p>Гексагональная ячейка с отношением параметров <math>c/a = 1,39</math>.</p>  <p> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; border-radius: 50%;"></span> Ni Координаты атомов:  Ni: 0, 0, 0;  As: 0, 0, 1/2  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: black; border-radius: 50%;"></span> As 0, 0, 1/2  As: 2/3, 1/3, 1/4;  1/3, 2/3, 3/4 </p>	
<p><u><b>Лонсдейлит</b></u></p>	<p>Гексагональная ячейка с отношением параметров <math>c/a = 1,63</math>.</p>  <p>Координаты атомов:  0, 0, 0; 0, 0, z;  1/3, 2/3, 1/2;  1/3, 2/3, (1/2)+z,  где <math>z \approx 3/8</math></p>	
<p><u><b>ZnS (вюрцит)</b></u></p>	<p>Гексагональная ячейка с отношением параметров <math>c/a = 1,64</math>.</p>  <p> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; border-radius: 50%;"></span> S Координаты атомов:  S: 0, 0, 0;  1/3, 2/3, 1/2  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: black; border-radius: 50%;"></span> Zn: 0, 0, z;  1/3, 2/3, (1/2)+z,  где <math>z \approx 3/8</math> </p>	

### Стандартный план описания кристаллической структуры

1. Проекция ячейки
2. Тип решетки (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 ПШУ-ПШК, если оно возможно
7. Структурный класс
8.  $N$  – число атомов, приходящихся на ячейку.

### Критерии оценивания контрольных работ

Оценка	Требования
<b>«отлично»</b>	Студент решил 70% тестовых заданий и задачу
<b>«хорошо»</b>	Студент решил 55-69% тестовых заданий и задачу
<b>«удовлетворительно»</b>	Студент решил 40-54% тестовых заданий и сделал грамотную попытку решить задачу, но мог ошибиться с ответом или решил 30-44% тестовых заданий, но решил задачу идеально.
<b>«неудовлетворительно»</b>	Студент решил менее 40% тестовых заданий и не решил задачу. Правильно решенная задача дает плюс 10% к результату тестовых заданий.