

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет/Институт Физико-Технический

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

подпись

«30» мая 2024 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.02 Структура лазерных кристаллов

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки/специальность 03.04.02 Физика

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация Физика конденсированного  
состояния (теория, эксперимент и дидактика)

*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения Очная  
*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация Магистр

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.01.02 Структура лазерных кристаллов составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки/ специальности 03.04.02 Физика (Физика конденсированного состояния (теория, эксперимент и дидактика))

Программу составил (и):

А.В. Скачедуб, доцент кафедры теор. физики  
и комп. технологий, кандидат физ.- мат. наук



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.01.02 Структура лазерных кристаллов утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

протокол № 8 от «12» апреля 2024 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей) Лебедев К.А.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол № 10 от «20» апреля 2024 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



подпись

Рецензенты:

В.А. Никитин, к.т.н., доцент кафедры оптоэлектроники

Л.Р. Григорян, генеральный директор ООО НПФ «Мезон»  
кандидат физико-математических наук

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

Цель дисциплины «Структура лазерных кристаллов» - формирование у студентов знаний о морфологии, внутреннем строении и свойствах кристаллов и минералов и применение этих знаний в решении прикладных задач в области роста кристаллов помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

### 1.2 Задачи дисциплины

а) освоение законов симметрии кристаллов на примере идеализированных моделей; описание реальных природных кристаллов с помощью законов кристаллографии, постановка конкретных задач научных исследований в области роста кристаллов и решение их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта;

б) ознакомление с базовыми понятиями геометрической кристаллографии, кристаллохимии и кристаллофизики;

в) обучение приемам исследования морфологии кристаллов различных минералов со способностью к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Структура лазерных кристаллов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Дисциплина находится в логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ООП и базируется на знаниях по курсу общей физики и химии. Изучение дисциплины «Структура лазерных кристаллов» позволяет студенту получить углубленные знания и навыки для успешной профессиональной деятельности и (или) для продолжения профессионального образования в аспирантуре.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-3 Способен проводить анализ и теоретическое обобщение научных данных в соответствии с задачами исследования</b>	
Б1.В.ДВ.01.02 Структура лазерных кристаллов	Знание простейших типов кристаллических решёток и способов их описания с использованием понятия простейших упаковок, анионных полиэдров и координационных чисел.
	Умение использовать стереографические проекции для описания форм кристаллических многогранников и проводить кристаллографические расчёты с использованием этих проекций.
	Владение представлением об области применения и круге задач, решаемых с помощью методов исследования кристаллического вещества.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр (часы)				
		9	А	В	С	
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>36,2</b>	-	-	<b>36,2</b>	-	
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>36</b>	-	-	<b>36</b>	-	
Занятия лекционного типа	12	-	-	12	-	
Лабораторные занятия	-	-	-	-	-	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	24	-	-	24	-	
<b>Иная контактная работа:</b>	<b>0,2</b>	-	-	<b>0,2</b>	-	
Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-	-	-	-	
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	-	-	0,2	-	
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>71,8</b>	-	-	<b>71,8</b>	-	
Проработка учебного (теоретического) материала	46	-	-	50	-	
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	21,8			21,8		
Подготовка к текущему контролю	4	-	-	4	-	
<b>Контроль:</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	
Подготовка к экзамену	-	-	-	-	-	
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	-	-	<b>108</b>	-
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>36,2</b>	-	-	<b>36,2</b>	-
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>	-	-	<b>3</b>	-

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в В семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Тема 1. Введение. Понятие о кристаллическом состоянии вещества.	28	6	4	-	18
2.	Тема 2. Геометрическая макрокристаллография	28	6	4	-	18
3.	Тема 3. Геометрическая микрокристаллография	28	6	4	-	18
4.	Тема 4. Элементы кристаллохимии и физической кристаллографии	27,8	6	4	-	17,8
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	107,8	24	12	-	71,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	-				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю	4				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Строение, свойства и рост кристаллов	<p><b>Тема 1. Строение, свойства и рост кристаллов</b></p> <p>1.1. Понятие о кристаллическом состоянии вещества. Разделы кристаллографии. Геометрическая макро- и микрокристаллография. Кристаллохимия. Физическая кристаллография. Кристаллогенезис (генетическая кристаллография).</p> <p>1.2. Типы упорядоченности частиц в структурах твердых веществ (ближний и дальний порядки). Кристаллическое и аморфное состояние вещества. Кристаллические тела и их строение. Понятие пространственных и кристаллических решеток. Типы узлов пространственных решеток.</p> <p>1.3. Важнейшие свойства кристаллов (анизотропность, однородность, способность самоограняться, минимальный занимаемый объем). Главные свойства аморфных тел. Образование кристаллов. Механизмы зарождения и роста.</p>	Т
2.	Геометрическая макрокристаллография	<p>Тема 2. Симметрия и элементы симметрии кристаллов</p> <p>2.1. Морфология кристаллов. Облик и габитус кристаллов. Закон постоянства углов (закон Стено–Ломоносова–Ромеде Лиля). Понятие о гониометрии. Прикладные и отражательные гониометры. Симметрия кристаллов. Понятие о симметрии и симметричных преобразованиях пространства. Точечные и трансляционные элементы симметрии.</p> <p>2.2. Точечные элементы симметрии. Плоскость симметрии. Центр инверсии. Простые оси симметрии. Инверсионные и зеркально-поворотные оси симметрии. Взаимодействие (сложение) элементов симметрии. Теорема Эйлера. Прочие теоремы сложения, в том числе с зеркально-поворотными осями.</p>	Т
3.	Геометрическая макрокристаллография	<p><b>Тема 3. Классификация кристаллов и простые формы</b></p> <p>3.1. Симметрично-равные и единичные направления. Взаимоотношения единичных направлений с элементами симметрии. Сингонии и категории кристаллов. Вывод 32 видов симметрии кристаллических многогранников. Обозначения видов симметрии с использованием полных формул и с помощью порождающих элементов симметрии (символы Германа–Могена и Шенфлиса). Учение о форме кристаллов. Простые формы (частные и общего положения) и их комбинации. Гранные, реберные, вершинные простые формы. Энантиоморфные формы. Динамические гранные, реберные и вершинные формы.</p>	Т
4.	Геометрическая макрокристаллография	<p><b>Тема 4. Параметры граней и символы точечных групп.</b></p> <p>4.1. Координатные плоскости и оси. Параметры граней. Закон рациональности параметров (закон Гаюи, или закон целых чисел) как следствие решетчатого строения кристаллов. Закон Бравэ. Индексы и символы граней (символы Миллера). Символы координатных плоскостей, единичных граней и граней форм общего положения. Частные и общие простые формы в различных видах симметрии, их вывод и стереографические проекции.</p> <p>4.2. Символы ребер и кристаллографических осей. Формула Вейса (связь индексов ребер и граней, метод</p>	Т

		перекрестного умножения) и ее следствия. Закон поясов (зон) (закон Вейса) и метод развития поясов кристаллов разных сингоний. Правило возрастания индексов для символов граней одной зоны. Координатные системы в кристаллографии и установка кристаллов. Расположение координатных осей и граней, единичных и двуединичных граней в разных сингониях (на стереографических проекциях).	
5.	Геометрическая макрокристаллография	<p style="text-align: center;"><b>Тема 5. Реальные кристаллы.</b></p> <p>5.1. Плоскогранные, кривогранные, скелетные, антискелетные и многоглавые кристаллы. Зонально-секториальное внутреннее строение кристаллов. Закономерные и не закономерные сростания и прорастания. Мозаичные, скрученные и расщепленные кристаллы. Двойники. Эпитаксические нарастания и синтаксические прорастания. Индукционные формы.</p>	Т
6.	Геометрическая микрокристаллография	<p style="text-align: center;"><b>Тема 6. Геометрическая микрокристаллография</b></p> <p>6.1. Общее представление о структуре кристаллов. Свойства пространственных решеток. Элементарные ячейки. Четырнадцать типов пространственных решеток (решетки Бравэ). Характеристика примитивных и непримитивных решеток в разных сингониях. Подсчет числа частиц, приходящихся на элементарную ячейку. Использование пространственных решеток для описания структур сложных соединений.</p> <p>6.2. Трансляционные элементы симметрии. Трансляции, плоскости скользящего отражения (с поступаниями вдоль кристаллографических осей и диагональными поступаниями), винтовые оси.</p> <p>6.3. Представление о взаимодействии элементов симметрии в кристаллических структурах (сложение переносов). Федоровские (пространственные) группы симметрии. Симморфные и несимморфные группы. Вывод простейших Федоровских групп. Их расшифровка. Правильные системы точек. Плотнейшие упаковки и их типы и роль в кристаллических структурах. Октаэдрические и тетраэдрические пустоты</p>	6.
7.	Элементы кристаллохимии и физической кристаллографии	<p style="text-align: center;"><b>Тема 7. Элементы кристаллохимии и физической кристаллографии</b></p> <p>7.1. Координационные числа и координационные многогранники. Способы изображения кристаллических структур. Метод анионных полиэдров (метод Белова–Полинга). Простейшие структуры кристаллов.</p> <p>7.2. Предельные типы химической связи в структурах (металлическая, ионная, ковалентная, межмолекулярная). Структурные единицы и классификация структур по характеру пространственного расположения этих единиц (координационные, островные, цепочечные, ленточные, слоистые, каркасные). Изоморфизм. Понятие о типах изоморфизма. Полиморфизм. Параморфозы.</p> <p>7.3. Важнейшие векторные и скалярные физические свойства кристаллов. Принцип Неймана. Отражение симметрии кристаллов в их физических свойствах. Спайность и отдельность. Анизотропия твердости. Пьезо- и пиро- электричество.</p>	7.

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1	Тема 1	Определение элементов симметрии на моделях кристаллов.	Отчет по лабораторной работе
2	Тема 2	Кристаллографические символы плоскостей.	Отчет по лабораторной работе
3	Тема 3	Пространственные группы.	Отчет по лабораторной работе
4	Тема 4	Изучение некоторых структурных типов.	Отчет по лабораторной работе
1	Тема 1	Определение элементов симметрии на моделях кристаллов.	Отчет по лабораторной работе

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрено учебным планом.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	1. Проработка учебного (теоретического) материала	Методические указания по организации аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г.
2.	2. Подготовка к текущему контролю	

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)**

В качестве образовательных технологий по дисциплине «Структура лазерных кристаллов» используются такие формы работы, как лекции, тест и выполнение лабораторных работ.

Большая часть лекций и лабораторные занятия проводятся с использованием современных справочных материалов, наглядных моделей, помогающих студенту понять структуру исследуемого вещества.

Одной из форм текущего контроля является тест. Тестирование проводится с целью контроля остаточных знаний студентов; проверки уровня готовности студента к аттестационным испытаниям.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Структура лазерных кристаллов».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме коллоквиумов, сдачи лабораторных работ и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к зачету.

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

По дисциплине «Структура лазерных кристаллов» для очной формы обучения предусмотрены следующие формы текущего контроля:

- а) тест;
- б) выполнение лабораторных работ (ЛР) по темам.

#### Примерные тестовые задания по кристаллографии

##### *Вариант 1*

*Из предложенных вариантов выберите правильный:*

1. Элементы симметрии I рода связывают друг с другом фигуры:
  - а) конгруэнтные и энантиоморфные;
  - б) энантиоморфные;
  - в) конгруэнтные;
  - г) любые.
  
2. Основной закон симметрии кристаллов гласит: «В кристаллах невозможны оси симметрии ..... порядка (ов)»
  - а) 5-ого и выше 6-ого;
  - б) 6-ого и ниже 5-ого;
  - в) 5-ого;
  - г) 6-ого.
  
3. Ось L3 является:
  - а) зеркальной осью;
  - б) инверсионной осью симметрии третьего порядка;

- в) сложной осью симметрии третьего порядка;
- г) поворотной осью симметрии третьего порядка.

4. Все многообразие кристаллов в соответствии с параметрами и осевыми углами элементарной ячейки кристаллической решетки распределяется в категории:

- а) высокая, низшая категории;
- б) высшая, средняя, низшая категории;
- в) средняя, низкая категории;
- г) высокая, низкая категории.

5. В вариантах ответов выберите обозначение группы симметрии в символике Германа-Могена:

- а)  $4/m\bar{3}m$ ;    б)  $L33P$ ;    в)  $O_h$ ;    г)  $L2$ .

6. Гномостереографической проекцией ребра является:

- а) проекция перпендикулярной к ребру плоскости на плоскость;
- б) проекция ребра на плоскость;
- в) проекция перпендикулярной к ребру плоскости на сферу;
- г) проекция ребра на сферу.

7. Точечную группу симметрии образует:

- а) совокупность операций макросимметрии;
- б) совокупность операций I рода;
- в) совокупность операций микросимметрии;
- г) совокупность операций II рода.

8. Количество точечных групп без единичных направлений:

- а) 32;    б) 5;    в) 27;    г) 230.

9. Группы с единственной зеркальной осью симметрии обозначаются:

- а)  $C_{6h}$ ;    б)  $C_n$ ;    в)  $S_n$ ;    г)  $D_n$ .

10. Примитивная ячейка Бравэ обозначается:

- а)  $P$ ;    б)  $I$ ;    в)  $F$ ;    г)  $A$ .

11. Если в обозначении базисцентрированной ячейки используется символ «В», то центрирование грани:

- а)  $\{100\}$ ;    б)  $\{001\}$ ;    в)  $\{111\}$ ;    г)  $\{010\}$ .

12. Какие из перечисленных простых форм в группе  $C_n$  являются частными формами?

- а) октаэдры;
- б) моноэдры;
- в) пирамиды;
- г) гексаэдры.

13. Группа  $m\bar{3}$  по названию общей простой формы именуется:

- а) дидодекаэдрической;
- б) пинакоидальной;
- в) скаленоэдрической;
- г) трапецоэдрической.

14. Плоскость скользящего отражения обозначается:

- а)  $n$ ;      б)  $m$ ;      в)  $3$ ;      г)  $6$ .

15. Коноскопическая картина под микроскопом пластины (шлифа) тетрагонального кристалла, вырезанного точно перпендикулярно оптической оси, при вращении пластины (шлифа)

- а) изменяется;  
б) не изменяется, перемещается в поле зрения;  
в) изменяется и вращается;  
г) не изменяется и не перемещается в поле зрения.

Критерии оценки тестовых работ

Количество правильных ответов	Оценка
15-14	5
13-12	4
11-8	3
<8	2

Образец заданий для лабораторной работы (ЛР) для проведения текущего контроля знаний по дисциплине «Структура лазерных кристаллов»:

ЛР по теме 1

1. Какие элементы симметрии возникают при рассмотрении геометрически правильных многогранников?
2. Как практически определить плоскость симметрии?
3. Перечислите возможные оси симметрии в кристаллических многогранниках, их количество и порядок.
4. Назовите возможные места выходов осей симметрии из кристаллических многогранников.
5. Что является внешним признаком присутствия  $Z_{44}$  в кристалле?
6. Что такое класс, или точечная группа, симметрии?
7. Какие существуют типы обозначений элементов симметрии конечных фигур?
8. Что такое категории и сингонии кристаллов?

**Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)**

Примерные вопросы к зачету

1. Геометрическая макрокристаллография (предмет изучения и основные понятия).
2. Геометрическая микрокристаллография (предмет изучения и основные понятия).
3. Кристаллогенезис (зарождение, механизмы роста и изменение кристаллов).
4. Механизмы роста кристаллов и их морфологические проявления.
5. Кристаллохимия и физическая кристаллография.
6. Облик и габитус кристаллов.
7. Плоскогранные, кривогранные и многоглавые (блочные) кристаллы.
8. Скелетные и антискелетные кристаллы, причины образования.
9. Закономерные срастания кристаллов одного и того же вещества (автоэпитаксия).
10. Гетероэпитаксия.
11. Пространственные и кристаллические решетки.
12. Типы упорядоченности частиц в твердых веществах (ближний и дальний порядок). Кристаллические и аморфные тела.
13. Координатный репер и координатные системы в кристаллографии.
14. Свойства пространственных решеток. Элементарная ячейка.
15. Важнейшие свойства кристаллических веществ.

16. Закон постоянства граничных и реберных углов. Гониометрия.
17. Сферическая и стереографическая проекции: их связь и использование в кристаллографии.
18. Точечные элементы симметрии. Соотношение инверсионных и зеркально-поворотных осей симметрии.
19. Теоремы сложения точечных элементов симметрии.
20. Единичные и симметрично-равные направления в кристаллах разных сингоний.
21. Взаимоотношения единичных направлений с элементами симметрии (полярные и неполярные направления).
22. Вывод видов симметрии кристаллов, обладающих единичными направлениями. Формы общего положения.
23. Вывод видов симметрии кристаллов без единичных направлений. Формы общего положения.
24. Сингонии и категории.
25. Координатные плоскости и оси. Параметры граней.
26. Закон рациональности параметров (закон целых чисел).
27. Символы граней по Миллеру. Соотношение параметров и индексов символа грани.
28. Символы граней гексагональных и тригональных кристаллов (в установке Бравэ).
29. Символы рядов и ребер (для 3-координатных систем).
30. Формула Вейса. Решение задач с ее использованием. Следствие формулы Вейса (особенности символов притупляющих граней).
31. Закон Вейса (закон зон) и его следствия.
32. Следствия закона зон. Нахождение символа и положения возможных граней методом развития поясов. Развитие зон кристаллов кубической сингонии.
33. Соотношение параметров грани и индексов Миллера. Правило возрастания индексов.
34. Развитие зон кристаллов гексагональной и тригональной сингонии.
35. Международные обозначения видов симметрии (упрощенная символика по Герману–Могену).
36. Обозначения видов симметрии по Шенфлису (спектроскопическая символика).
37. Установка кристаллов кубической, тетрагональной и ромбической сингоний. Положение координатных осей и граней, единичных и двуединичных граней в этих сингониях (показать на стереографических проекциях).
38. Установка моноклинных и триклинных кристаллов. Положение координатных осей и граней, единичных и двуединичных граней этих сингоний (показать на стереографических проекциях).
39. Четырнадцать решеток Бравэ. Правила Бравэ при выборе элементарных ячеек. Международные символы пространственных решеток.
40. Подсчет числа узлов в разных типах решеток Бравэ и направления главных трансляций.
41. Правила выбора элементарных ячеек решетки Бравэ. Показать, что  $Cm\bar{3}m=C4/m\bar{3}m=P4/m\bar{3}m$ ,  $F4/m\bar{3}m=I4/m\bar{3}m$  и  $F\bar{3}m=R\bar{3}m$ .
42. Правила Бравэ при выборе элементарных ячеек. Показать, что  $B2/m=P2/m$  и  $F2/m=C2/m$ .
43. Использование решеток Бравэ при описании структур простых и сложных веществ (показать на примере структур самородных меди и железа, алмаза и сфалерита). Физический смысл решеток Бравэ.
44. Трансляционные элементы симметрии.
45. Винтовые оси.
46. Плоскости скользящего отражения с координатными (a, b, c) и диагональными поступаниями (n, d).

47. Пространственные группы, взаимодействие пространственных элементов симметрии, основы вывода пространственных групп и расшифровка.
48. Изобразить пространственные группы  $C_{mm}2$ ,  $C_{cc}2$  и  $C_{mc}21$  (дать исходные элементы симметрии этих групп, размножить точки общего положения и назвать дополнительные  $Pt$ , секущие диагональную трансляцию). Дать символы идентичных групп (сводимых к перечисленным трем группам).
49. Плотнейшие упаковки. ПГУ и ПКУ.
50. Пустоты плотнейших упаковок. Их положение в ПГУ и ПКУ.
51. Координационные числа и координационные многогранники.
52. Структуры  $\alpha$ -Fe, CsCl, Cu. Их решетки Бравэ.
53. Структуры NaCl и пирита. Их решетки Бравэ.
54. Структура алмаза, сфалерита и флюорита. Их решетки Бравэ и федоровские группы.
55. Структура магния, никелина и вюртцита.
56. Изображение простейших структур с помощью координационных полиэдров. Метод Белова–Полинга.
57. Типы химической связи в структурах кристаллов.
58. Структурные группировки. Координационные, островные, цепочечные (и ленточные), слоистые и каркасные структуры.
59. Изовалентный и гетеровалентный изоморфизм. Привести примеры.
60. Полиморфизм. Параморфозы. Энантиотропные и монокотропные превращения.
61. Принцип Неймана и его проявления в физических свойствах кристаллов.
62. Пьезоэлектричество.
63. Пироэлектричество.
64. Стереографические проекции (разновидности). Построение стереографических проекций направлений и плоскостей.
65. Простые формы. Частные формы и формы общего положения. Геометрически и кристаллографически различные простые формы.
66. Вывести простые формы кристаллов низшей категории.
67. Вывести простые формы кристаллов средней категории.
68. Положение граней разных простых форм кубической сингонии на сводной стереографической проекции.
69. Кратность простых форм. Голоэдриа, гемидриа и тетартоэдриа. Показать на примере.

### Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.

Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.
---	--

#### Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять материал, иллюстрируя его примерами.

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры, довольно ограниченный объем знаний программного материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

#### **Основная литература:**

1. Басалаев Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия / Ю.М. Басалаев. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014. - 403 с. – Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278304>.

2. Пугачев В.М. Кристаллохимия / В.М. Пугачев. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013.

#### **Дополнительная литература:**

1. Созинов С.А. Структурные методы исследования кристаллов / С.А. Созинов, Л.В. Колесников. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2012. - 108 с. – Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232740>.

2. Бойко С.В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия / С.В. Бойко. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2015. - 212 с. – Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435663>.

3. Брандт Н.Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния / Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. — Москва: Физматлит, 2007. — 632 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2673>.

4. Четверикова А.Г. Кристаллография / А.Г. Четверикова. - Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2012. - 104 с. – Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260745>.

5. Ермолов В.А. Геология. Ч.V. Кристаллография, минералогия и геология камне-самоцветного сырья / В.А. Ермолов. — Москва: Горная книга, 2009. — 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3232>.

## 5.2. Периодическая литература

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>

2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>

## 5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>

2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>

4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)

5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>

2. Scopus <http://www.scopus.com/>

3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>

5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>

6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>

7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ)) <https://rusneb.ru/>

8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>

9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>

10. Springer Journals <https://link.springer.com/>

11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>

12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>

13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>

14. zbMath <https://zbmath.org/>

15. Nano Database <https://nano.nature.com/>

16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>

17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>

18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.uceba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety)

### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

#### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Основной учебной работой студента является самостоятельная работа в течение всего срока обучения. Начинать изучение дисциплины необходимо с ознакомления с целями и задачами дисциплины и знаниями и умениями, приобретаемыми в процессе изучения. Далее следует проработать конспекты лекций, рассмотрев отдельные вопросы по предложенным источникам литературы. Все неясные вопросы по дисциплине студент может разрешить на консультациях, проводимых по расписанию. При подготовке к практическим занятиям студент в обязательном порядке изучает теоретический материал в соответствии с методическими указаниями.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: комплект учебной мебели; Технические средства обучения: доска учебная магнитно-маркерная	1. Операционная система MS Windows 8, 10 (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018) 2. Интегрированное офисное приложение MS Office Professional Plus (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018) 3. Математический пакет «Mathcad» (Лицензионный договор №127-АЭФ/2014 от 29.07.2014)
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: комплект учебной мебели с учебными ПЭВМ; Технические средства обучения: учебными ПЭВМ; 1 ПЭВМ администратора (преподавательский); доска учебная магнитно-маркерная.	1. Операционная система MS Windows 8, 10 (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018) 2. Интегрированное офисное приложение MS Office Professional Plus (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018) 3. Математический пакет «Mathcad» (Лицензионный договор №127-АЭФ/2014 от 29.07.2014)
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ.	Мебель: комплект учебной мебели; Технические средства обучения: доска учебная магнитно-маркерная; комплект плакатов «Теория групп», «Физические свойства кристаллов»; компьютерное оснащение ПЭВМ	1. Операционная система MS Windows 8, 10 (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018) 2. Интегрированное офисное приложение MS Office Professional Plus (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018) 3. Математический пакет «Mathcad» (Лицензионный договор №127-АЭФ/2014 от 29.07.2014)

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	<p>Мебель: учебная мебель            Комплект специализированной мебели: компьютерные столы            Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>1. Операционная система MS Windows 8, 10            (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018)            2. Интегрированное офисное приложение MS Office Professional Plus            (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018)            3. Математический пакет «Mathcad» (Лицензионный договор №127-АЭФ/2014 от 29.07.2014)</p>
Помещение для самостоятельной работы (ауд. 208С)	<p>Мебель: учебная мебель            Комплект специализированной мебели: компьютерные столы            Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>1. Операционная система MS Windows 8, 10            (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018)            2. Интегрированное офисное приложение MS Office Professional Plus            (Лицензионный договор №73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018)            3. Математический пакет «Mathcad» (Лицензионный договор №127-АЭФ/2014 от 29.07.2014)</p>