

*Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет  
имени Коста Левановича Хетагурова»*



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«Кристаллохимия»**

Направление подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль)

**«ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ХИМИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И  
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Квалификация (степень)

**бакалавр**

Форма обучения-**очная**

Владикавказ 2020

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 04.03.01 Химия, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.07.2017 г., N 671, учебным планом подготовки бакалавра по направлению 04.03.01 Химия, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» протокол № 9 от 30.04.2020 г.

Составители: к.х.н., доцент Т.М. Чигорина, ассистент Д.И. Егоров

## 1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

	Очная форма обучения
Курс	3
Семестр	6
Лекции	34
Практические (семинарские) занятия	34
Лабораторные занятия	
Консультации	
Итого аудиторных занятий	68
Самостоятельная работа	40
Курсовая работа	
Форма контроля	
экзамен	-
Зачет	+
Общее количество часов	108/3 зет

## 2. Цели освоения дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Кристаллохимия», являющейся частью ПООП по направлению 04.03.01 Химия и обеспечивающей реализацию ФГОС 3++ по данному направлению, является ознакомление студентов с основами минералогии и кристаллографии, углубление студентами знаний по свойствам кристаллических веществ, по роли естественных и искусственных минералов в народном хозяйстве. Дисциплина базируется на знаниях, приобретённых студентами при изучении дисциплин: общая и неорганическая химия, органическая химия, аналитическая химия. Знания, полученные студентами по минералогии, кристаллографии и кристаллохимии биогенных элементов, будут использованы ими при изучении дисциплин специализации, при выполнении выпускных квалификационных работ, разработке научных проектов (ПС 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»). Дисциплина ориентирует на профессиональную деятельность учителя и преподавателя химии XXI века (ПС 01.001 «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования (воспитатель, учитель)»)), готового не только преподносить своим ученикам теоретические основы предмета, но и освещать его прикладные аспекты, например, влияние химического состава и особенностей кристаллического строения минералов на возможность их использования в народном хозяйстве (ПС 01.003 «Педагог дополнительного образования детей и взрослых»).

### Цели освоения дисциплины:

- формирование у студентов представления о строении кристаллов, а также о связи его со свойствами кристаллов и природой химического взаимодействия;
- изучение фундаментальных понятий, представлений и физико-химических моделей, используемых при описании структуры химических соединений в кристаллическом состоянии.

### Задачи дисциплины:

- раскрыть роль симметрии и трехмерной периодичности при описании структуры кристаллических веществ;
- рассмотреть основные методы определения и количественного описания структуры кристаллов;
- разъяснить суть фундаментальных понятий и представлений кристаллохимии.

### Задачи изучения дисциплины:

Дать студентам представление:

- о возможностях рентгенофазового и рентгеноструктурного анализа;
- о важнейших теоретических моделях, используемых в кристаллохимии для описания пространственного строения кристаллов и выявления зависимостей между их составом и строением;
- о важнейших компьютерных базах кристаллоструктурных данных.

### 3. Место дисциплины в структуре ОПОП

**Б1.В.05** - Часть, формируемая участниками образовательных отношений основной образовательной программы бакалавриата.

Кристаллохимия относится к блоку естественнонаучных дисциплин и направлена на формирование у студентов представления о строении кристаллов, а также о связи его со свойствами кристаллов и природой химического взаимодействия. Дисциплина осваивается в 6 семестре.

Содержание курса базируется на знаниях, приобретённых при изучении студентами в 1 – 5 семестрах курсов «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Математика», «Физика».

Для освоения дисциплины «Кристаллохимия» у студента должны быть следующие компетенции:

#### *Универсальные компетенции:*

**УК-1:** Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

**УК-2:** Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.

**УК-4:** Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах).

**УК-6:** Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.

**УК-8:** Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций.

#### *Общепрофессиональные компетенции:*

**ОПК-1:** Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.

**ОПК-2:** Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.

**ОПК-3:** Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.

**ОПК-4:** Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач.

**ОПК-5:** Способен использовать существующие программные продукты и информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности.

**ОПК-6:** Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе.

**Обобщенные трудовые функции (ОТФ)**, которые сможет полностью или частично продемонстрировать студент при освоении данной дисциплины:

в рамках ПС 01.001 «Педагог»:

**А** Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса в образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования;

**В** Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ;

в рамках ПС 01.003 «Педагог дополнительного образования детей и взрослых»:

**А** Преподавание по дополнительным общеобразовательным программам

в рамках ПС 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»:

**А** Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов.

#### **4. Требования к результатам освоения дисциплины (компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля))**

Процесс изучения дисциплины «Кристаллохимия» направлен на формирование следующих компетенций:

Коды компетенций	Содержание компетенций
<b>ПК-1</b>	Способен использовать знания о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, веществ и материалов для понимания механизма химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, а также естественнонаучные знания для решения задач профессиональной деятельности
<b>ПК-2</b>	Способен применять современную аппаратуру при проведении научных исследований, а также современные теоретические представления химической науки для анализа экспериментальных данных

Взаимосвязь планируемых результатов обучения по дисциплине «Кристаллохимия» с формируемыми компетенциями ОПОП

Коды компетенций ОПОП	Индикаторы достижения профессиональной компетенции	Планируемые результаты обучения, соответствующие формируемым компетенциям ОПОП		
		Знать	Уметь	Владеть
<b>ПК-1</b>	<p><b>ПК-1.1.</b> Использует знания о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, веществ и материалов для понимания механизма химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире;</p> <p><b>ПК-1.2.</b> Прогнозирует свойства химических соединений и материалов на основе данных об их свойствах и химическом строении;</p> <p><b>ПК-1.3.</b> Использует современные теоретические представления химической науки и естественнонаучные знания в своей профессиональной деятельности</p>	<p>фундаментальные понятия, терминологию и символику кристаллохимии; -систематику кристаллических структур важнейших классов простых и сложных неорганических и органических соединений;</p>	<p>использовать первичную кристаллоструктурную информацию для определения основных особенностей строения кристаллических веществ</p>	<p>практическими навыками исследования кристаллических структур</p>
<b>ПК-2</b>	<p><b>ПК-2.1.</b> Владеет современными методами исследования химических соединений и материалов;</p> <p><b>ПК-2.2.</b> Анализирует и интерпретирует результаты химического эксперимента на основе современных теоретических представлений химической науки</p>	<p>суть основных методов кристаллохимического анализа</p>	<p>оперировать важнейшими понятиями кристаллографии, кристаллофизики и кристаллохимии</p>	<p>комплексом исследовательских и аналитических методов анализа кристаллических структур</p>

Общим средством контроля является введенная в университете балльно-рейтинговая система оценки успеваемости студентов специалитета и направлений бакалавриата.

## 5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

**Таблица 5.1**

Номер недели	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литература
		л	пр	Содержание	Часы		
1	Раздел 1. Законы геометрической кристаллографии Лекция 1. Понятие о кристалле, кристаллическом веществе и кристаллографии. Закон постоянства двугранных углов в кристаллах.	2	2	1. Закрытые операции и элементы симметрии. Поворот и поворот с инверсией. Поворотные и инверсионные оси. Плоскости симметрии. Свойства инверсионных осей. Проекция закрытых элементов симметрии. Взаимосвязь между закрытыми элементами симметрии.	2	Конспект, устный опрос	1, 2
2	Лекция 2. Симметрия кристаллов.	2	2	1. Закрытые операции и элементы симметрии. Поворот и поворот с инверсией. Поворотные и инверсионные оси. Плоскости симметрии. Свойства инверсионных осей. Проекция закрытых элементов симметрии. Взаимосвязь между закрытыми элементами симметрии.	2	Конспект, доклад, устный опрос	1,2,5,6
3	Лекция 3. Формы кристаллических многогранников.	2	2	2. Оси высшего порядка. Точечные группы, категории, семейства. Зеркальные повороты и зеркально-поворотные оси. Символика Шенфлиса. Кристаллическая структура. Трансляция. Группы трансляций. Кристаллическая решетка, базис. Параллелограммы и параллелепипеды повторяемости.	2	Конспект, доклад, устный опрос	1,2,3,4



4	Лекция 4. Закон целых чисел и аналитические методы описания кристаллических многогранников.	2	2	2. Оси высшего порядка. Точечные группы, категории, семейства. Зеркальные повороты и зеркально-поворотные оси. Символика Шенфлиса. Кристаллическая структура. Трансляция. Группы трансляций. Кристаллическая решетка, базис. Параллелограммы и параллелепипеды повторяемости.	2	Конспект, устный опрос	1,2,3,7,8
5	Раздел 2. Геометрическая теория структуры кристалла. Лекция 5. Кристаллическая решетка. Теория структуры кристаллов Е. С. Федорова.	2	2	3. Изоморфизм. Полиморфизм. Аллотропия. Фазы переменного состава. Твердые растворы. Антиизоморфизм. Морфотропия. Автоморфотропия. Политипия. Фазы внедрения. Дефекты кристаллической структуры.	2	Конспект, устный опрос	1,2,3,4,5
6	Лекция 6. Экспериментальная проверка геометрической теории кристаллов. Рентгеноструктурный анализ.	2	2	3. Изоморфизм. Полиморфизм. Аллотропия. Фазы переменного состава. Твердые растворы. Антиизоморфизм. Морфотропия. Автоморфотропия. Политипия. Фазы внедрения. Дефекты кристаллической структуры.	2	Конспект, доклад, устный опрос	1,2,3,4,5,9, 10,11,12
7	Раздел 3. Основные понятия кристаллохимии Лекция 7. Результаты первых рентгеноструктурных исследований кристаллов.	2	2	4. Кристаллографические точечные группы. Способы размещения узлов в элементарной ячейке. Типы Бравэ. Основные структурные типы кубических решеток. Число формульных единиц в элементарной ячейке. Индексы узлов, узловых рядов и плоскостей. Межплоскостные расстояния. Вычисление параметров решетки.	2	Конспект, устный опрос	1,2,3,4,5,9, 10,11

8	Лекция 8. Факторы, определяющие структуру кристаллов.	2	2	4. Кристаллографические точечные группы. Способы размещения узлов в элементарной ячейке. Типы Бравэ. Основные структурные типы кубических решеток. Число формульных единиц в элементарной ячейке. Индексы узлов, узловых рядов и плоскостей. Межплоскостные расстояния. Вычисление параметров решетки.	2	Конспект, доклад, устный опрос	1,2,4
	<b>Текущая работа студентов</b>						
<b>9</b>	<b>1 рубежное тестирование</b>						
9	Лекция 9. Теория плотнейших шаровых упаковок.	2	2	5. Открытые операции и элементы симметрии. Винтовой поворот и отражение со скольжением. Винтовые оси и плоскости скользящего отражения. Сочетания элементов симметрии с трансляциями. Взаимосвязь между элементами симметрии (симметричности). Пространственные группы.	4	Конспект, устный опрос	1,2,6
10	Лекция 10. Типы химических связей в кристаллах.	2	2	5. Открытые операции и элементы симметрии. Винтовой поворот и отражение со скольжением. Винтовые оси и плоскости скользящего отражения. Сочетания элементов симметрии с трансляциями. Взаимосвязь между элементами симметрии (симметричности). Пространственные группы.	2	Конспект, устный опрос	1,2,6

11	Лекция 11. Изоморфизм и полиморфизм.	2	2	6. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах (Лауэ). Понятие о рентгенографии. Уравнение Брэгга-Вульфа. Порядок отражения. Представление о рентгенофазовом анализе. Рентгенометрическая картотека дифрактометрических данных. Рентгеновская плотность кристаллов.	2	Конспект, устный опрос	1,2,8,9,10
12	Лекция 12. Классификация структурных типов.	2	2	6. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах (Лауэ). Понятие о рентгенографии. Уравнение Брэгга-Вульфа. Порядок отражения. Представление о рентгенофазовом анализе. Рентгенометрическая картотека дифрактометрических данных. Рентгеновская плотность кристаллов.	4	Конспект, устный опрос, доклад	1,2,3,4
13	Лекция 13. Зависимость физико-химических свойств твердых веществ от строения кристаллов.	2	2	7. Плотные и плотнейшие шаровые упаковки в структуре металлов (ПК, ПГ, ОЦК, ГПУ, ГЦК), коэффициенты заполнения пространства в этих упаковках, виды и радиусы пустот в них. Искажения идеальных шаровых упаковок в структурах металлов (Zn, Cd, In, Hg).	2	Конспект, устный опрос	1,2,3,4
14	Раздел 4. Кристаллохимия простых веществ и химических соединений Лекция 14. Кристаллохимические закономерности в периодической системе элементов Д. И. Менделеева.	2	2	7. Плотные и плотнейшие шаровые упаковки в структуре металлов (ПК, ПГ, ОЦК, ГПУ, ГЦК), коэффициенты заполнения пространства в этих упаковках, виды и радиусы пустот в них. Искажения идеальных шаровых упаковок в структурах металлов (Zn, Cd, In, Hg).	2	Конспект, устный опрос, доклад	1,2,3,7

15	Лекция 15. Кристаллохимия неорганических соединений.	2	2	8. Расчет энергий молекулярных кристаллов методом атом-атомных потенциалов. Влияние ван-дер-ваальсовой формы молекулы на структуру и свойства органических кристаллов.	2	Конспект, устный опрос	1,2,3,4,6,12
16	Лекция 16. Кристаллохимия органических соединений и их аналогов.	2	2	8. Расчет энергий молекулярных кристаллов методом атом-атомных потенциалов. Влияние ван-дер-ваальсовой формы молекулы на структуру и свойства органических кристаллов.	2	Конспект, устный опрос	1,2,3,4,6,12
17	Лекция 17. Кристаллохимия сложных химических соединений. Кристаллогидраты, комплексные, металлоорганические и клатратные соединения.	2	2	9. Блок-схема дифрактометра и основные этапы рентгеноструктурного анализа монокристаллов (РСА). Информация, получаемая методом РСА и ее использование для описания структуры кристалла; R-фактор.	4	Конспект, устный опрос	1,2,3,4,6,12
	<b>Текущая работа студентов</b>						
<b>17</b>	<b>2 рубежное тестирование</b>						
	<b>Итого</b>	<b>34</b>	<b>34</b>		<b>40</b>		

## 6. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины, используются различные образовательные технологии:

- **традиционные лекции и практические (семинарские) занятия** с использованием современных интерактивных технологий;
- **лекция-диалог** – содержание подается через серию вопросов, на которые студент должен отвечать непосредственно в ходе лекции.
- **онлайн-семинар** – разновидность веб-конференции, проведение онлайн-встреч или презентаций через Интернет в режиме реального времени. Каждый из участников находится у своего компьютера (средства связи), а связь между ними поддерживается через Интернет посредством загружаемого приложения, установленного на компьютере каждого участника (Zoom, Webex, Skype и др.);
- **доклад** – студент готовит краткое сообщение по вопросу темы, оформляет работу в соответствии с требованиями и сдает ее преподавателю;
- **видеоконференция** – сеанс видеоконференцсвязи (ВКС) – это технология интерактивного взаимодействия двух и более участников образовательного процесса для обмена информацией в реальном режиме времени.

**Технология электронного обучения** (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

№ п/п	Тема	Вид занятия	Количество часов	Активные формы	Интерактивные формы
1	Понятие о симметрии. Закрытые элементы симметрии и симметрические преобразования	Практическое	2	Перспективно - опережающего обучения, технология проблемного обучения	Презентации. Семинар в диалоговом режиме.
2	Точечные группы симметрии и их международная символика, и символика Шенфлиса	Практическое	2	Перспективно - опережающего обучения, технология проблемного обучения	Презентации. Семинар в диалоговом режиме.
3	Кристаллографические точечные группы	Практическое	2	технология проблемного обучения	Презентации. Семинар в диалоговом режиме.
4	Открытые операции симметрии, элементы симметрии	Практическое	2	Перспективно - опережающего обучения, технология проблемного обучения	Презентации. Семинар в диалоговом режиме.
5	Методы исследования кристаллической структуры вещества. Основы рентгеноструктурного анализа	Практическое	2	Перспективно - опережающего обучения, технология проблемного обучения	Презентации. Семинар в диалоговом режиме.
6	Типы химических связей в кристаллах. Теория плотнейших упаковок	Практическое	2	Перспективно - опережающего обучения, технология проблемного обучения	Презентации. Семинар в диалоговом режиме.
7	Структурные типы и изоструктурность. Морфотропия. Изоморфизм	Практическое	2	Перспективно - опережающего обучения, технология проблемного обучения	Презентации. Семинар в диалоговом режиме.

8	Кристаллохимия простых веществ и бинарных соединений	Практическое	2	технология проблемного обучения	Презентации. Семинар в диалоговом режиме.
9	Кристаллохимия тройных соединений, силикатов, органических соединений	Практическое	2	технология проблемного обучения	Презентации. Семинар в диалоговом режиме.

## 7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- углубления умений использовать справочную и специальную литературу;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития и закрепления исследовательских умений.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется на протяжении изучения всей дисциплины в соответствии с утвержденной в учебном плане трудоемкостью составляет 40 часов и состоит из:

- работы студентов с лекционными материалами, поиска и анализа литературы и электронных источников информации по заданной теме;
- выполнения заданий для самостоятельной работы в ЭИОС СОГУ;
- изучения теоретического материала для подготовки к семинарским занятиям;
- подготовки к экзамену.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Вопросы и темы, отводимые на выполнение самостоятельной работы по дисциплине, а также критерии оценивания по каждому виду работы содержатся в разделе 8 РПД.

## 8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

### Виды контроля

Рабочая программа предполагает текущий, промежуточный и итоговый виды контроля: опрос, проверочные письменные работы по темам; экзамен.

Проверочные письменные работы проводятся во время практических занятий, по вопросам из перечня вопросов для подготовки к экзамену (см. ниже).

### Методика формирования результирующей оценки

Минимальное количество баллов, которое студент может набрать в ходе изучения курса для получения положительной оценки, – 56; максимальное – 100. Баллы складываются из следующих показателей: за регулярные выступления на семинарских занятиях – до 25 баллов за каждый рубеж; за тестирование – до 25 баллов на каждой рубежной контрольной; до 60 баллов на устном ответе.

### Методические рекомендации по написанию докладов (рефератов)

Доклад — письменная работа по определенной научной проблеме, краткое изложение содержания научного труда или научной проблемы. Он является действенной формой самостоятельного исследования научных проблем на основе изучения текстов, специальной литературы, а также на основе личных наблюдений, исследований и практического опыта. Реферат помогает выработать навыки и приемы самостоятельного научного поиска, грамотного и логического изложения избранной проблемы и способствует приобщению студентов к научной деятельности.

Последовательность работы:

1. Выбор темы исследования. Тема реферата выбирается студентом на основе его научного интереса. Также помощь в выборе темы может оказать преподаватель.
2. Планирование исследования. Включает составление календарного плана научного исследования и плана предполагаемого реферата. Календарный план исследования включает следующие элементы: выбор и формулирование проблемы, разработка плана исследования и
3. Предварительного плана реферата; сбор и изучение исходного материала, поиск литературы; анализ собранного материала, теоретическая разработка проблемы; сообщение о предварительных результатах исследования; литературное оформление исследовательской проблемы; обсуждение работы (на семинаре и т. п.).
4. Поиск и изучение литературы. Для выявления необходимой литературы следует обратиться в библиотеку или к преподавателю. Подбранную литературу следует зафиксировать согласно ГОСТ по библиографическому описанию произведений печати.

Для разработки реферата достаточно изучение 4-5 важнейших статей по избранной проблеме.

4. Обработка материала. При обработке полученного материала автор должен: систематизировать его по разделам; выдвинуть и обосновать свои гипотезы; определить свою позицию, точку зрения по рассматриваемой проблеме; уточнить объем и содержание понятий, которыми приходится оперировать при разработке темы; сформулировать определения и основные выводы, характеризующие результаты исследования; окончательно уточнить структуру реферата.
5. Оформление реферата. При оформлении реферата рекомендуется придерживаться следующих правил: Следует писать лишь то, чем автор хочет выразить сущность проблемы, ее логику; Писать строго последовательно, логично, доказательно (по схеме: тезис – обоснование – вывод); Писать ярко, образно, живо, не только вскрывая истину, но и отражая свою позицию, пропагандируя полученные результаты; Писать осмысленно, соблюдая правила грамматики, не злоупотребляя наукообразными выражениями.

Реферат выполняется в соответствии с требованиями стандартов, разработанных для данного вида документов. Работа должна быть выполнена на белой бумаге стандартного листа А4. Текст должен быть отпечатан на компьютере в текстовом редакторе Microsoft Word и отвечать следующим требованиям: параметры полей страниц должны быть в пределах: верхнее и нижнее – по 20 мм, правое – 10 мм, левое – 30 мм, шрифт – Times New Roman, размер шрифта – 14, межстрочный интервал – полуторный. Цвет текста – только чёрного цвета. Нумерация страниц в реферате должна быть сквозной, начиная с третьей страницы. Номер проставляется арабскими цифрами вверху каждой страницы справа.

При изложении материала необходимо придерживаться принятого плана.

Библиографический список составляется на основе источников, которые были просмотрены и изучены студентом при написании реферата. Данный список отражает самостоятельную творческую работу студента, что позволяет судить о степени его подготовки и углублении в выбранную тематику. Вся использованная литература размещается в следующем порядке: учебная литература в алфавитном порядке, затем средства периодической печати в алфавитном порядке; источники из сети Интернет.

#### **Темы, рекомендуемые для написания докладов, рефератов (ПК-1, ПК-2)**

1. Искусственные алмазы.
2. Железо-никелевые метеориты.
3. Гидротермальный метод выращивания монокристаллов.

4. Ситаллы.
5. Жидкие кристаллы.
6. История открытия рентгеновских лучей.
7. Твердотельные лазеры (рубин).
8. F-центры в кристаллах.
9. Метод Чохральского.
10. Графен.
11. Твердотельные лазеры (Nd-YAG).
12. Полиморфные модификации диоксида кремния.
13. Полиморфные модификации водяного льда.
14. Оловянная чума.
15. Фазы Цинтля.
16. Монокристаллы металлов.
17. Зонная плавка.
18. Сверхвысокие давления как средство получения новых модификаций веществ.
19. Квазикристаллы.
20. Сверхпроводящие оксидные керамики.

#### Оценочный лист защиты рефератов (докладов)

Наименование показателя	Выявленные недостатки и замечания	количество баллов
<b>I. КАЧЕСТВО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА, ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЗОРА)</b>		
2. Грамотность изложения и качество оформления работы		1
3. Самостоятельность выполнения работы, глубина проработки материала, использование рекомендованной и справочной литературы		2
4. Обоснованность и доказательность выводов		1
Общая оценка за выполнение ИР		4
<b>II. КАЧЕСТВО ДОКЛАДА</b>		
1. Соответствие содержания доклада содержанию работы		1
2. Выделение основной мысли работы		1
3. Качество изложения материала		1
Общая оценка за доклад		3
<b>III. ОТВЕТЫ НА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ РАБОТЫ</b>		
Вопрос 1		1
Вопрос 2		1
Вопрос 3		1
Общая оценка за ответы на вопросы		3
<b>ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА ЗА ЗАЩИТУ</b>		<b>10</b>

#### Темы для подготовки презентаций (ПК-1, ПК-2)

Темы для подготовки презентаций выбираются из списка тем для рефератов и докладов (см. выше).

#### Критерии оценивания студента за подготовку презентации

Критерии/баллы	4	3	2 (требуется доработка)	1
----------------	---	---	----------------------------	---



Содержание презентации	Четко сформулирована цель и раскрыта тема исследования. В краткой форме дана полная информация по теме исследования и дан ответ на проблемный вопрос. Даны ссылки на используемые ресурсы.	Сформулирована цель и тема исследования. Частично изложена информация по теме исследования и дан ответ на проблемный вопрос. Даны ссылки на используемые ресурсы.	Сформулирована цель и тема исследования. Содержание полностью не раскрыто. Информация по теме исследования неточна. Проблема до конца не решена. Не даны ссылки на используемые ресурсы.	Не сформулирована цель и тема исследования. Проблема не решена.
Дизайн презентации	Соблюдается единый стиль оформления. Слайды просты в понимании. В презентации присутствуют авторские находки.	Соблюдается единый стиль оформления. Слайды просты в понимании. Используются некоторые эффекты и фон.	Не соблюдается единый стиль оформления. Слайды просты в понимании. Эффекты и фон не используются.	Не соблюдается стиль оформления. Слайды просты в понимании. Эффекты и фон подобраны без учёта удобства восприятия.
Представление презентации	Автор хорошо владеет материалом по теме исследования. Использует научную терминологию. Обладает навыками ораторского искусства. Полно и точно цитируется использованная литература	Автор владеет материалом по теме исследования, но не смог заинтересовать аудиторию. Недостаточно цитируется литература.	Автор не показал компетентности в представлении презентации. Использованные факты не вызывают доверия. Недостаточно цитируется литература.	Представлены искаженные данные

Оценивание студента в ходе текущего контроля успеваемости осуществляется исходя из выполнения всех видов самостоятельной работы.

### Шкала соответствия пятибалльной системы оценивания с количеством набранных баллов по итогам текущего контроля успеваемости

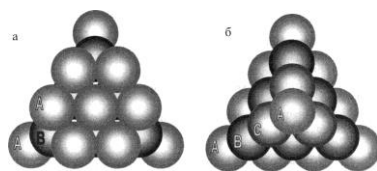
Вид работы	Количество баллов, соотнесенных с общей оценкой по всем видам выполненных работ: 0–4 – «неудовлетворительно»; 5–12 – «удовлетворительно»; 13–20 – «хорошо»; 21–25 – «отлично».
Работа на семинарских занятиях (устные ответы, участие в опросе, диалоге)	0–11
Подготовка докладов (рефератов)	0–10
Подготовка и представление презентации	0–4
Итого текущий контроль	0–25

## Перечень контрольных вопросов к экзамену (ПК-1, ПК-2)

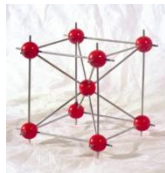
1. Предмет и задачи кристаллохимии. Основные аспекты кристаллохимии. Исторические сведения. Задачи, решаемые кристаллохимией.
2. Многообразие кристаллических структур. Основные свойства кристаллического вещества.
3. Кристаллическое вещество и его строение. Свойства кристаллических веществ.
4. Строение кристаллической решётки. Физические свойства минералов, как отражение их внутреннего строения.
5. Образование и рост кристаллов. Механизмы роста кристаллов. Структурные дефекты в кристаллах.
6. Факторы, влияющие на внешний облик кристаллов. Морфологические особенности реальных кристаллов.
7. Образование и рост кристаллов. Механизмы роста кристаллов. Структурные дефекты в кристаллах.
8. Основной закон кристаллографии – закон кристаллографических пределов Федорова.
9. Образование и рост кристаллов. Механизмы роста кристаллов. Структурные дефекты в кристаллах.
10. Симметрия кристаллов. Понятие о симметрии. Элементы симметрии.
11. Виды симметрии. Классификация кристаллов по виду симметрии (плоскость симметрии, центр симметрии, оси симметрии, инверсионные оси симметрии).
12. Оси симметрии, инверсионные оси симметрии.
13. Сложение элементов симметрии. Виды симметрии.
14. Теория плотнейших шаровых упаковок. Гексагональная и кубическая плотнейшие шаровые упаковки. Типы пустот в шаровых упаковках. Многослойные упаковки.
15. Закон целых чисел и аналитические методы описания кристаллических многогранников. Установка кристаллов.
16. Структурная кристаллография. Основы учения о структуре кристаллов. Пространственная решетка. Кристаллическая решетка, понятие. Кристаллический многогранник и решетка кристалла.
17. Симметрия решетки. Голоэдрические точечные группы. Кристаллографические координатные системы. Элементарная ячейка.
18. Открытые элементы симметрии кристаллических структур и их обозначения.
19. Структурная кристаллография. Типы решеток (ячеек) Браве. Структуры Браве. Истинная и случайная симметрия решетки. Примеры структур с решетками разного типа.
20. Сочетания открытых и закрытых элементов симметрии между собой и с перпендикулярными трансляциями.
21. Классификация видов симметрии. Сингонии низшей категории. Описание кристаллических структур на основе пространственных групп и структурных классов (примеры структур низшей категории).
22. Классификация видов симметрии. Сингонии средней категории. Описание кристаллических структур на основе пространственных групп и структурных классов (примеры структур средней категории).
23. Классификация видов симметрии. Сингонии высшей категории. Описание кристаллических структур на основе пространственных групп и структурных классов (примеры структур высшей категории).
24. Координационные числа. Принцип плотнейшей упаковки атомов и ионов.
25. Изоморфизм. Типы изоморфизма. Полиморфизм.
26. Координационный полиэдр и координационное число. Метод изображения структурных типов с помощью многогранников.
27. Полиэдрическое изображение кристаллических структур (метод Полинга-Белова).
28. Структурный тип. Изоструктурность, антиизоструктурность, изотипность, гомеотипность. Структурный класс.
29. Рентгеноструктурный анализ – как основной экспериментальный метод в кристаллохимии.
30. Экспериментальные методы рентгеноструктурного анализа.
31. Методы исследования внутреннего строения кристаллов. Дифракционные методы исследования вещества.
32. Методы исследования внутреннего строения кристаллов. Спектроскопические методы. Определение атомной структуры по данным дифракции рентгеновских лучей.

### Практические задания

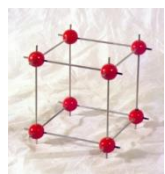
1. Типы решеток (ячеек) Браве. Перечислите условия выбора параллелипипедов повторяемости.
2. Укажите и назовите тип плотнейшей упаковки простых веществ на рисунке **а** и **б**.



3. Объемное изображение, каких простых веществ, приведено на рисунке? Опишите структуру (тип ячейки, координационное число, ось симметрии).



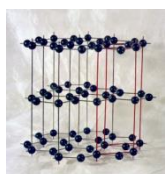
4. Объемное изображение, каких простых веществ, приведено на рисунке? Опишите структуру (тип ячейки, координационное число, оси симметрии).



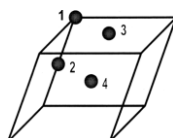
5. Объемное изображение, каких простых веществ, приведено на рисунке? Опишите структуру (тип ячейки, координационное число, ось симметрии).



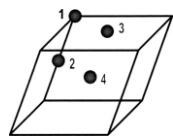
6. Объемное изображение, каких простых веществ, приведено на рисунке? Опишите структуру (тип ячейки, координационное число, ось симметрии).



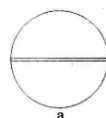
7. Структура кристалла. Подсчитайте число структурных (формулярных) единиц ( $Z$ ) в одной элементарной ячейке на рисунке для точек 1, 4.



8. Структура кристалла. Подсчитайте число структурных (формулярных) единиц ( $Z$ ) в одной элементарной ячейке на рисунке для точек 2, 3.



9. На рисунке приведены стереографические проекции плоскостей симметрии кристалла. Укажите Расположение плоскости  $P$  на рис. а.



10. На рисунке приведены стереографические проекции плоскостей симметрии кристалла. Укажите Расположение плоскости  $P$  на рис. б.

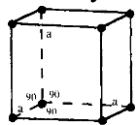


11. На рисунке приведены стереографические проекции плоскостей симметрии кристалла. Укажите Расположение плоскости  $P$  на рис. в.



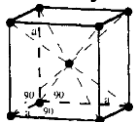
12. Назовите основные ячейки кристаллов (Браве) и укажите, соответственно обозначения и приведите их описание.

13. Назовите ниже приведенную ячейку кристалла (Браве), и укажите, соответственно ее обозначение,



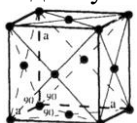
приведите ее описание.

14. Назовите ниже приведенную ячейку кристалла (Браве), и укажите, соответственно ее обозначение,



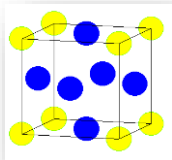
приведите ее описание.

15. Назовите ниже приведенную ячейку кристалла (Браве), и укажите, соответственно ее обозначение,



приведите ее описание.

16. Укажите название представленной на рисунке типа решетки и порядок ее оси симметрии.



**Экзамен проводится в устной форме.**

Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Уровень сформированности компетенций			
«Минимальный уровень не достигнут»	«Минимальный уровень»	«Средний уровень»	«Высокий уровень»
Компетенции не сформированы.	Компетенции сформированы.	Компетенции сформированы.	Компетенции сформированы.
Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы.	Сформированы базовые структуры знаний.	Знания обширные, системные.	Знания твердые, аргументированные, всесторонние.
	Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер.	Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий.	Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий.
	Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Демонстрируется достаточный уровень	Демонстрируется высокий уровень самостоятельности,

		самостоятельности устойчивого практического навыка.	высокая адаптивность практического навыка
<b>Описание критериев оценивания</b>			
Обучающийся демонстрирует: - существенные пробелы в знаниях учебного материала; - допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; - непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета; - отсутствие умения выполнять практические задания, предусмотренные программой дисциплины; - отсутствие готовности (способности) к дискуссии и низкую степень контактности.	Обучающийся демонстрирует: - знания теоретического материала; - неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; - неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы; - недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины; - умение без грубых ошибок решать практические задания, которые следует выполнить.	Обучающийся демонстрирует: - знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - твердые знания теоретического материала. - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; - правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы; - умение решать практические задания, которые следует выполнить; - владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины; - наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам. Возможны незначительные	Обучающийся демонстрирует: - глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; - полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий в рамках обсуждаемых заданий; - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории; - логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора; - умение решать практические задания; - свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.

		оговорки и неточности в раскрытии отдельных положений вопросов билета, присутствует неуверенность в ответах на	
<b>Оценка «неудовлетворительно»</b>	<b>Оценка «удовлетворительно»</b>	<b>Оценка «хорошо»</b>	<b>Оценка «отлично»</b>

## Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине «Кристаллохимия»

1. Понятие о кристалле, кристаллическом веществе Основные свойства кристалла.
2. Кристалл и кристаллическое вещество.
3. Понятие о кристаллографии.
4. Распространенность кристаллического вещества.
5. Кристаллизация. Производство монокристаллов.
6. Закон постоянства двугранных углов в кристаллах. Первые работы, посвященные изучению внешней формы кристаллов. Методы измерения кристаллов.
7. Закон постоянства двугранных углов в кристаллах. Методы вычисления кристаллов. Отклонения от закона постоянства углов.
8. Симметрия кристаллов. Понятие о симметрии. Элементы симметрии. Сложение элементов симметрии. Виды симметрии.
9. Симметрия кристаллов. Схема вывода 32 видов симметрии. Систематика видов симметрии.
10. Формы кристаллических многогранников. Понятие простой формы. Простые формы низших сингоний.
11. Формы кристаллических многогранников. Простые формы средних сингоний. Простые формы кубической сингонии.
12. Формы кристаллических многогранников. Возможные грани. Двойники и закономерные сростки.
13. Закон целых чисел и аналитические методы описания кристаллических многогранников. Открытие закона целых чисел в кристаллографии. Кристаллографические символы.
14. Математическое определение символов грани. Установка кристаллов.
15. Понятие кристаллической решетки. Кристаллический многогранник и решетка кристалла.
16. Кристаллическая решетка. Трансляция. Плоские сетки решетки.
17. Кристаллическая решетка. 14 решеток Бравэ. Понятие о кристаллохимическом анализе.
18. Краткие сведения о теории структуры кристаллов Е. С. Федорова. Федоровские группы симметрии.
19. Экспериментальная проверка геометрической теории кристаллов. Рентгеноструктурный анализ.
20. Первые определения атомных структур кристаллов при помощи рентгеновских лучей.
21. Кристалл как дифракционная решетка. Методика определения параметров и типа решетки.
22. Методика определения пространственных групп симметрии. Определение положения атомов в кристаллической решетке.
23. Гармонический метод рентгеноструктурного анализа.
24. Результаты первых рентгеноструктурных исследований кристаллов.
25. Три простейшие кристаллические структуры чистых металлов.
26. Число атомов, приходящихся на одну ячейку структуры. Число правильных систем точек в структуре.
27. Структура кристалла и структурный тип. Структура алмаза и графита.
28. Простейшие структуры соединений типа AX. Координационное число и координационный многогранник. Простейшие структуры типа AX<sub>2</sub> и A<sub>2</sub>X.
29. Классификация структур по координационным числам. Структуры с параметрами и без параметров.
30. Вычисления межатомных расстояний и валентных углов в структурах. Структура кристалла, кристаллическая решетка и правильная система точек. Основные выводы, сделанные на основании первых определений структур кристаллов.
31. Факторы, определяющие структуру кристаллов. Установление различных типов химической связи.
32. Гетеродесмические и гомодесмические структуры.
33. Эффективные радиусы ионов. Определение ионных и атомных радиусов. Ионные радиусы химических элементов.
34. Метод изображения кристаллических структур шарами разных размеров.
35. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами.
36. Поляризация ионов. Зависимость размеров атомов и ионов от координационных чисел. Структурный тип перовскита.
37. Слоистые структуры. Влияние поляризации на структуру кристаллов.
38. Факторы, определяющие структуру кристаллов (правило Гольдшмидта).

39. Теория плотнейших шаровых упаковок. Гексагональная и кубическая плотнейшие шаровые упаковки. Типы пустот в шаровых упаковках.
40. Многослойные упаковки. Способы обозначения плотнейших шаровых упаковок.
41. Предварительные замечания о симметрии шаровых упаковок. Кубическая плотнейшая шаровая упаковка.
42. Федоровские группы симметрии гексагональных шаровых упаковок. Элементы симметрии плотнейших шаровых упаковок.
43. Правильные системы точек в плотнейших шаровых упаковках. Значение теории шаровых упаковок для кристаллохимии.
44. Метод изображения структурных типов с помощью многогранников. Структуры из тетраэдров и октаэдров. Структуры со сложными координационными многогранниками.
45. Типы химических связей в кристаллах. Периодическая система химических элементов и строение атомов. Ионная связь.
46. Элементарные представления о ковалентной связи. Физические основы ковалентной связи. Ковалентная связь в молекулах и кристаллах.
47. Металлическая связь. Остаточная связь. Промежуточные типы связи.
48. Изоморфизм и полиморфизм. История открытия.
49. Дорентгеновские работы по изоморфизму. Дорентгеновские работы по полиморфизму.
50. Первые рентгеноструктурные исследования изоморфных веществ.
51. Структурная классификация типов полиморфизма.
52. Условия, необходимые для проявления изоморфизма. Предел изоморфной замещимости. Морфотропия и полиморфизм.
53. Влияние изотопного состава на кристаллическую структуру.
54. Изовалентный и гетеровалентный изоморфизм.
55. Изоморфизм с заполнением пространства.
56. Твердые растворы второго рода. Структура внедрения.
57. Твердые растворы вычитания. Дефектные структуры.
58. Структуры с дробным количеством атомов в элементарной ячейке.
59. Внутренние твердые растворы. Автоизоморфные вещества.
60. Классификация структурных типов. Группы структурных типов с нейтральными и заряженными структурными мотивами. Границы применимости принятой классификации структурных типов.
61. Метод изображения структурных типов формулами. Структурные химические формулы.
62. Зависимость физико-химических свойств твердых веществ от строения кристаллов.
63. Зависимость физико-химических свойств твердых веществ от типа химической связи в кристаллах. Электрические свойства. Оптические свойства.
64. Ковкость металлов. Спайность.
65. Коэффициенты механического сжатия и термического расширения.
66. Твердость и температура плавления.
67. Влияние водородной связи на физико-химические свойства веществ.
68. Эффект экранирования ионов. Растворимость.
69. Кристаллохимические закономерности в периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Кристаллические структуры истинных металлов.
70. Особенности структурных типов  $\gamma$ -Mn, Hg и Zn. Кристаллические структуры элементов b-подгрупп. Особенность элементов III-b и IV-b подгрупп, имеющих типичные структуры металлов.
71. Распределение элементов по подгруппам периодической системы на основании кристаллохимических данных. О классификации химических соединений.
72. Классификация двойных (бинарных) и более сложных химических соединений.
73. Кристаллохимическая систематика химических соединений.
74. Кристаллохимия неорганических соединений.
75. О классификации бинарных соединений.
76. Тройные и более сложные неорганические соединения.
77. Структурная систематика класса сульфатов.
78. Правила Полинга для структур ионных кристаллов.
79. Особенности структур с преимущественно ковалентным типом связи.
80. Кристаллохимия силикатов.
81. Кристаллохимия боратов.
82. Кристаллохимия органических соединений и их аналогов.



83. Ковалентные и Ван-дер-Ваальсовы «радиусы» неметаллических элементов.
84. Предварительные замечания о молекулярных структурах. Формы простейших молекул и комплексных ионов.
85. Валентные углы. Классификация молекулярных структур.
86. Применение принципов плотнейшей упаковки к молекулярным кристаллам.
87. Кристаллохимия углеводородов.
88. Кристаллохимия функционально замещённых органических соединений.
89. Ионные структуры соединений элементов-органогенов.
90. Кристаллохимия сложных химических соединений. Строение кристаллогидратов.
91. Строение комплексных соединений.
92. Строение металлоорганических соединений.
93. Клатратные и другие сложные химические соединения.

## **Типовые задания для практических (семинарских) занятий**

**Тема 1. Понятие о симметрии. Закрытые элементы симметрии и симметрические преобразования.**

ПЛАН:

Понятие о симметрии. Элементы симметрии и симметрические преобразования. Элементы математической теории групп. Циклические группы. Простейшие группы самосовмещений. Закрытые операции симметрии и их описание с помощью матриц преобразования координат. Элементы симметрии как циклические группы. Взаимодействие операций и элементов симметрии. Таблица умножения – взаимосвязь между операциями симметрии в группе.

**Тема 2. Точечные группы симметрии и их международная символика, и символика Шенфлиса**

ПЛАН:

Точечные группы симметрии и их международная символика, и символика Шенфлиса. Системы эквивалентных позиций. Единичные и полярные направления. Представление группы. Семейства точечных групп низшей, средней и высшей категорий. Понятие о простой форме.

**Тема 3. Кристаллографические точечные группы.**

ПЛАН:

Сингонии и категории. 32 кристаллографические точечные группы. Координатные системы кристаллов.

**Тема 4. Открытые операции симметрии, элементы симметрии**

ПЛАН:

Открытые операции симметрии, элементы симметрии и их взаимодействие. Трансляции. Двумерные и трехмерные группы трансляций. Решетки Браве. Пространственные группы. Кратность и симметрия эквивалентных позиций. Индексы узлов, рядов, сеток.

Решетка и структура. Число формульных единиц в ячейке. Рентгенографическая плотность.

**Тема 5. Методы исследования кристаллической структуры вещества. Основы рентгеноструктурного анализа.**

ПЛАН:

Дифракция рентгеновских лучей. Условия Лауэ. Уравнение Вульфа-Брэгга. Методы рентгенографии: метод Лауэ, метод вращения, метод порошка. Рентгенофазовый анализ.

**Тема 6. Типы химических связей в кристаллах. Теория плотнейших упаковок**

ПЛАН:

Эффективные радиусы атомов и ионов (ионные, ковалентные, металлические, Ван-дер-Ваальсовы). Условность кристаллохимических радиусов.

Химическая связь в кристаллах: ковалентная, ионная, металлическая. Ван-дер-Ваальсово взаимодействие. Межатомное расстояние и кратность связи. Систематика кристаллических структур по типу связи. Гомо- и гетеродесмические структуры..

Энергия кристаллической решетки. Энергия ионных, ковалентных, металлических кристаллических структур. Энергия решетки с межмолекулярными связями.

Плотность упаковки. Теория плотнейших упаковок. Кубическая и гексагональные кладки. Тип пустот в плотнейших упаковках

**Тема 7. Структурные типы и изоструктурность. Морфотропия. Изоморфизм**

**ПЛАН:**

Представление структур в виде: расположения атомов в вершинах шаровых кладок; с помощью координационных многогранников. Структурные типы и изоструктурность. Основные, цепочные, слоистые, каркасные, координационные структуры. Морфотропия Морфотропные ряды. Изо- и гетеровалентный изоморфизм. Изодиморфизм. Структуры вычитания и внедрения. Классификация полиморфных превращений.

**Тема 8. Кристаллохимия простых веществ и бинарных соединений.**

**ПЛАН:**

Основные структурные типы металлов (Cu,  $\alpha$ -Fe, Mg). Связь структуры с физическими свойствами. Структуры простых веществ-неметаллов. Соединения со структурой алмаза, графита. Координация атомов. Изменение характера структуры по группам Периодической таблицы. Структурные соединения металлов с неметаллами (AX), описываемые в терминах шаровых упаковок и кладок. Факторы, определяющие выбор структурного типа. Роль типа химической связи

**Тема 9. Кристаллохимия тройных соединений, силикатов, органических соединений.**

**ПЛАН:**

Структурный тип перовскита. Сегнетоэлектрические свойства веществ с искаженной структурой. Структурный тип шпинели. Нормальная и обращенная шпинель. Структура типа  $K_2NiF_4$ . Основные представления о кристаллохимии силикатов. Представление о кристаллохимии органических соединений.

## Фонд типовых тестовых заданий

### *1 рубежное тестирование*

Кристаллохимия – наука ...

об атомном строении кристаллов и его влиянии на физико-химические свойства кристаллических веществ

об электронном строении веществ и его влиянии на физико-химические свойства  
изучающая законы образования кристаллических веществ и их атомную структуру  
изучающая законы гелеобразований веществ

Кристаллографию делят на следующие разделы

стереорегулярную кристаллографию

геометрическую кристаллографию

химическую кристаллографию

физическую кристаллографию

Перечислите основные задачи кристаллохимии

определение стереорегулярности молекул веществ

определение, описание и систематизация кристаллических структур

интерпретация кристаллических структур

предсказания, корреляция структура-свойство

Обобщенная кристаллохимия - это наука, ...

изучающая структуры только кристаллических веществ

изучающая структуры не только кристаллов, но и других конденсированных фаз

изучающая структуры только жидких кристаллов

изучающая структуры только жидкостей и растворов

Модель идеальной кристаллической структуры

означает, что вещество состоит из различных элементарных ячеек

подразумевает периодичность структуры в трех измерениях, что соответствует понятию решетки

всегда содержит и имеет примесные атомы и дефекты

означает, что вещество состоит из совершенно одинаковых элементарных ячеек, одинаково ориентированных.

Реальная структура кристалла

означает, что вещество состоит из совершенно одинаковых элементарных ячеек, одинаково ориентированных

имеет поверхность, в поверхностном слое структура отличается от глубинных частей

всегда содержит и имеет примесные атомы и дефекты

подразумевает периодичность структуры в трех измерениях, что соответствует понятию решетки

Какому агрегатному состоянию соответствуют кристаллы:

газообразному

жидкому

твердому

плазменному

Чтобы из беспорядочного состояния вещество перешло в упорядоченное, необходимо некоторое время, называемое

временем кристаллизации  
 временем перекристаллизации  
 временем релаксации  
 временем гелеобразования

Если охлаждение и застывание происходит быстрее, чем время, необходимое для кристаллизации, то образуется

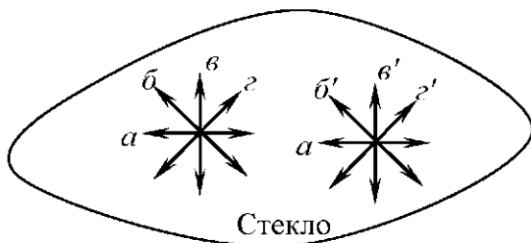
жидкое вещество  
 аморфное вещество  
 твердое вещество  
 газообразное вещество

На рисунке представлено



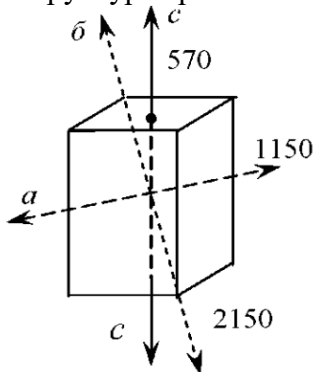
изотропное тело  
 векторы свойств в теле равны во всех направлениях  
 анизотропное тело  
 величина вектора свойств в кристалле изменяется в зависимости от направления

На рисунке представлено



изотропное твердое тело  
 векторы свойства в теле равны во всех направлениях  
 анизотропное тело  
 величина вектора свойств в кристалле изменяется в зависимости от направления

В структуре кристалла галита (поваренной соли)



все непараллельные, неравноотстающие направления - являются анизотропными

прочность на разрыв ( $\text{г/мм}^2$ ) в различных направлениях различна  
все непараллельные, неравноотстающие направления - являются изотропными  
прочность на разрыв ( $\text{г/мм}^2$ ) в различных направлениях одинакова

Анизотропия хорошо проявляется  
во внешней форме многих кристаллов  
в удлиненности или пластичности кристаллов  
в гелеобразовании некоторых кристаллов  
способности некоторых кристаллов легко раскалываться вдоль определенных плоскостей

Неравносвойственность - это  
изотропность  
анизотропия  
дисперсность  
аморфность

Под анизотропией понимают  
свойства кристалла не изменяются в зависимости от направления  
изменение свойств кристалла в зависимости от направления  
независимо от направления разрушаются при одинаковой нагрузке  
кристаллический поликристалл

Простые формы могут быть  
общими  
симметричными  
параллельными  
частными

Простой формой называется  
многогранник, полученный из одной грани с помощью элементов симметрии  
моногогранник, полученный из двух граней с помощью элементов симметрии  
многогранник, полученный из шести граней с помощью элементов симметрии  
многогранник, полученный из трех граней с помощью элементов симметрии

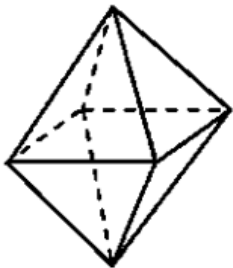
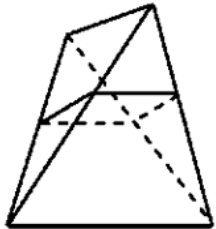
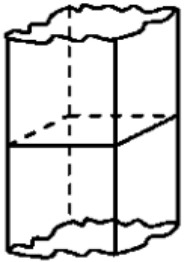
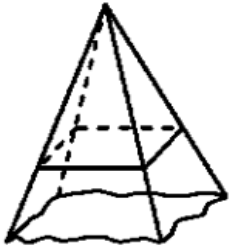
Простые формы низших сингоний удобно рассматривать  
в порядке увеличения числа их граней  
в порядке уменьшения числа их граней  
в порядке увеличения числа их осей  
в порядке увеличения числа их плоскостей

Если исходная грань, при получении простой формы, расположена параллельно или перпендикулярно по отношению к элементам симметрии, то получается  
общая простая форма  
частная простая форма  
индивидуальная простая форма  
симметричная простая форма

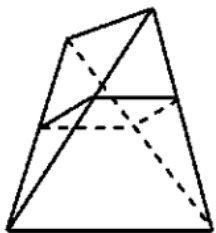
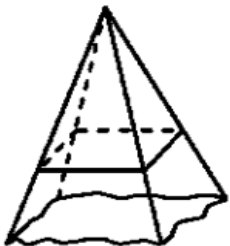
Если исходная грань, при получении простой формы, расположена косо по отношению к элементам симметрии, то эта простая форма относится к  
общей  
частной  
индивидуальной

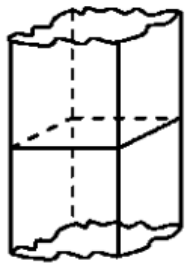
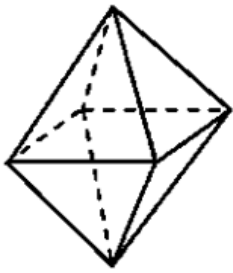
симметричной

Укажите простую форму низшей сингонии - ромбическая призма

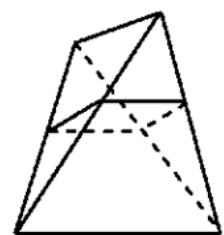
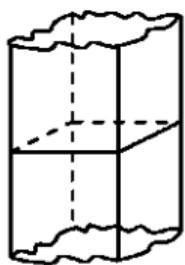
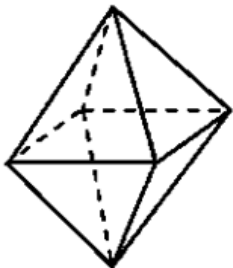
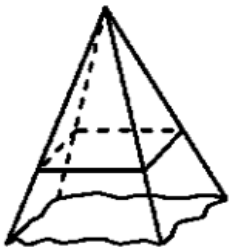


Укажите простую форму низшей сингонии - ромбический тетраэдр



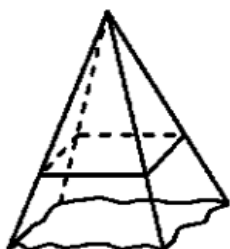
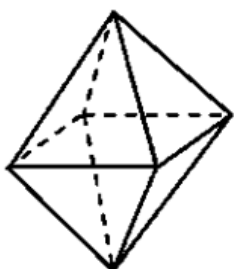
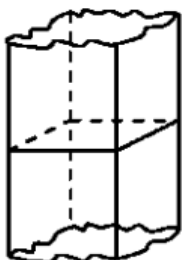
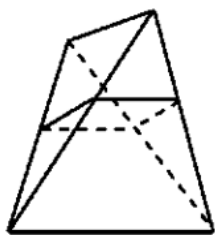


Укажите простую форму низшей сингонии - ромбическая дипирамида

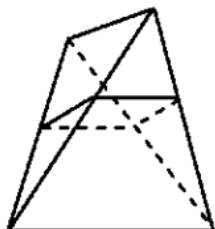
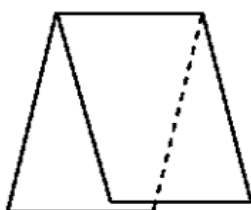


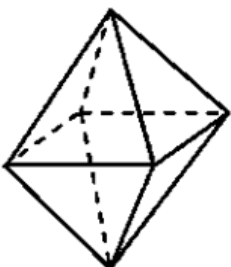
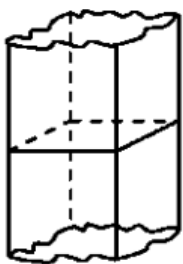
Укажите простую форму низшей сингонии - ромбическая пирамида



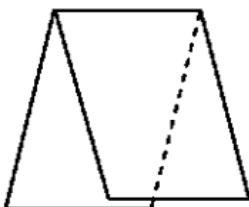
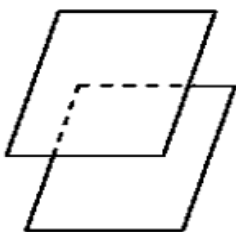
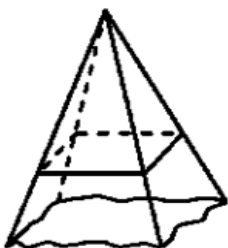


Укажите простую форму низшей сингонии - диэдр

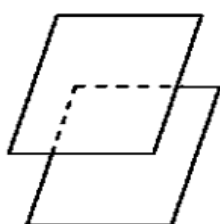


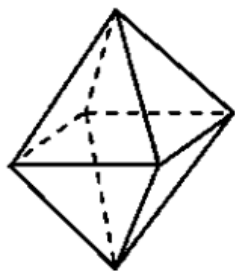
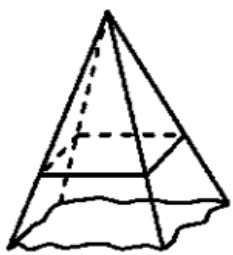


Укажите простую форму низшей сингонии - пинакоид



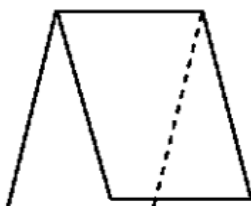
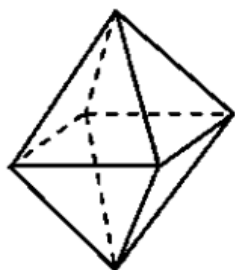
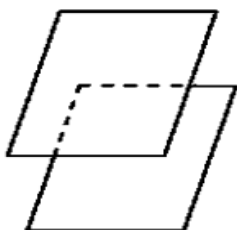
Укажите простую форму низшей сингонии - моноэдр

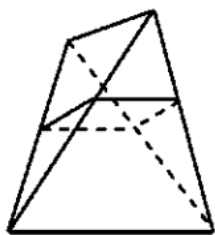




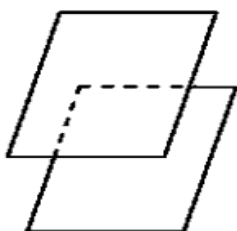
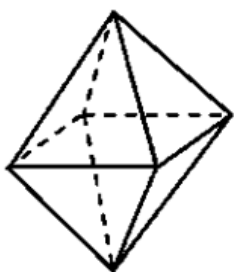
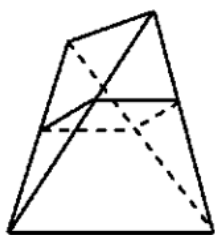
Простые формы низших сингоний многогранников бывают  
открытые  
закрытые  
изолированные  
пятиугольные

К закрытым формам кристаллов низшей категории относятся

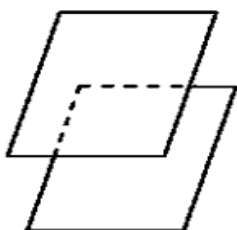


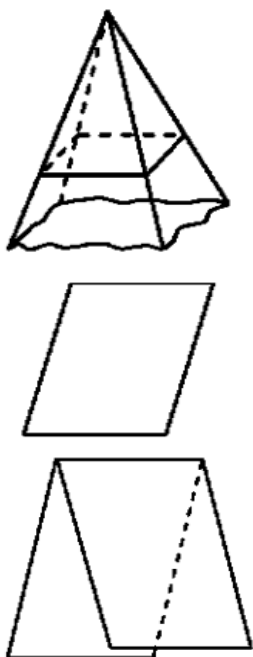


Из семи простых форм кристаллов низшей категории - закрытые формы:  
две

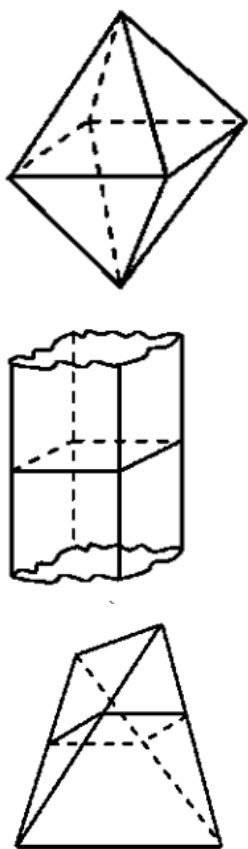


Установите соответствие между изображениями простых форм низших сингоний и их названиями:  
 моноэдр  
 пинакоид  
 диэдр  
 ромбическая пирамида





Установите соответствие между изображениями простых форм низших сингоний и их названиями:  
 ромбическая призма  
 ромбический тетраэдр  
 ромбическая дипирамида



Приведите термин, которым обозначают отдельный, хорошо сформированный кристалл  
 поликристалл  
 монокристалл  
 дикристалл

кристаллический агрегат

Установление какого закона положило начало кристаллографии?

закон Вульфа - Брэгга

закон атомного строения вещества

закон постоянства углов кристаллов

Периодический закон

Что такое кристаллический агрегат?

монокристалл

поликристалл

аморфное образование

скопление многих кристаллов

Почему в кристаллическом агрегате отдельные кристаллы обычно имеют неправильную форму?

в процессе роста кристаллов они затрудняют рост друг друга

неправильная форма кристаллов является их естественной формой

влияние оказывают местные перепады температуры

все вышеперечисленные варианты

Основные свойства кристаллов

анизотропия

однородность

симметрия

неоднородность

Важнейший закон геометрической кристаллографии

закон постоянства двугранных углов в кристаллах

связан с работами французского ученого Роме де Л'Иля

связан с работами Г.Б.Бокия

связан с работами Ломоносова М.В.

Для изготовления оптических призм и линз, пропускающих УФ- и ИК- лучи, используются

монокристаллы

рубинов

$\text{CaF}_2$

$\text{NaCl}$

пирита

Где применяется рубин?

в часовых приборах

в лазерах

как катализатор в промышленных процессах синтеза

для изготовления оптических призм и линз, пропускающих УФ- и ИК- лучи

Каков порядок межатомных расстояний в кристалле?

100 нм

0,1 нм

10 нм

1 пм

В каком ряду внутренняя энергия частиц вещества убывает?

жидкость - газ - плазма - кристалл  
 плазма - газ - жидкость - кристалл  
 газ - кристалл - жидкость - плазма  
 кристалл - жидкость - газ - плазма

Укажите обозначение плоскости симметрии

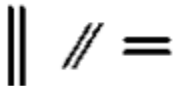
$P(m)$

$C(1)$

$L_2(2)$

$\Pi_6$

Укажите графическое обозначение плоскости симметрии



Укажите обозначение шестерной инверсионной оси симметрии

$L_{\bar{6}}$

$L_{\bar{4}}$

$L_4$

$\Pi_6$

Укажите обозначение четверной инверсионной оси симметрии

$L_{\bar{6}}$

$L_{\bar{4}}$

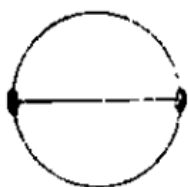
$L_4$

$\Pi_6$

Укажите обозначение тройной поворотной оси симметрии, лежащей параллельно плоскости чертежа



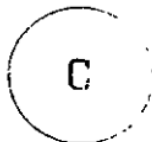
Проекция 32 видов симметрии: укажите триклинные сингонии  
 диэдрический осевой  $L_2(2)$



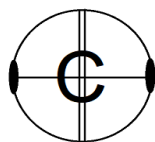
моноклинный  $L_1(1)$



пинакоидальный  $C(1)$



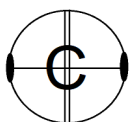
призматический  $L_2PC(2/m)$



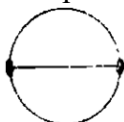
Проекция 32 видов симметрии: укажите моноклинные сингонии



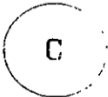
призматический  $L_2PC(2/m)$



диэдрический осевой  $L_2(2)$

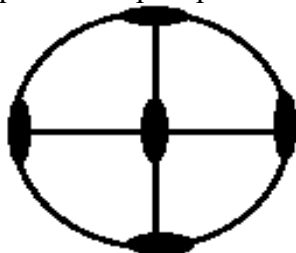


пинакоидальный  $C(1)$



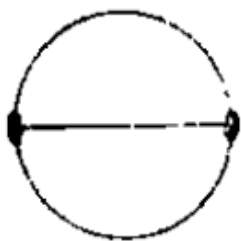
Проекция 32 видов симметрии: укажите моноклинные сингонии

ромбо-тетраэдрический  $3L_2(222)$

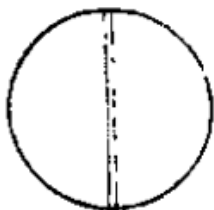


диэдрический осевой  $L_2(2)$

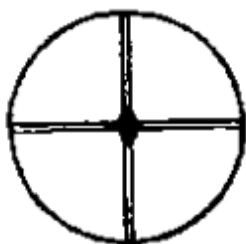




диэдрический безосный  $P$  (2 или  $m$ )



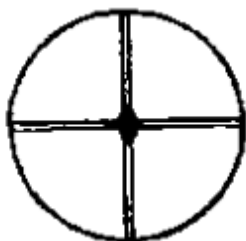
ромбо-пирамидальный  $L_2 2P$  ( $mm2$  или  $mm$ )



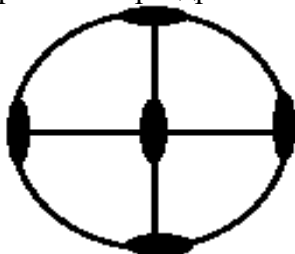
Проекция 32 видов симметрии: укажите ромбические сингонии  
монокристаллический  $L_1(1)$



ромбо-пирамидальный  $L_2 2P$  ( $mm2$  или  $mm$ )



ромбо-тетраэдрический  $3L_2$  ( $222$ )

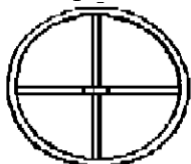


пинакоидальный  $C$  (1)

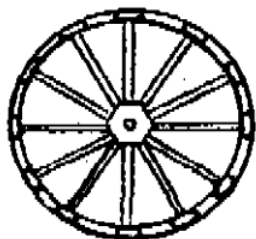
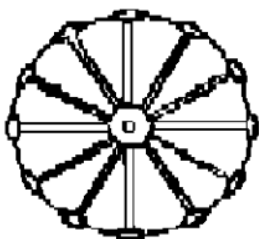


Укажите правильные ответы  
 моноклинная сингония - 5 видов  
 триклинная сингония - 2 вида  
 моноклинная сингония - 3 вида  
 триклинная сингония - 7 видов

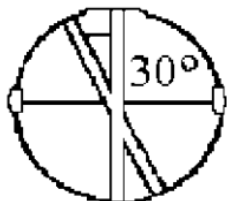
Изобразите стереографическую проекцию точечной группы *mmm*  
 по теореме – если ось 2 и перпендикулярная ей плоскость, сл-но, имеется и центр симметрии



по теореме – если имеется плоскость и центр симметрии, то перпендикулярно каждой плоскости проходит ось 2

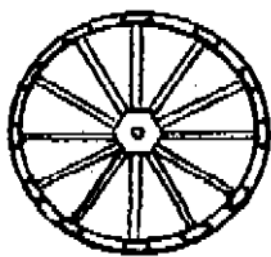


Укажите все элементы симметрии в кристаллическом многограннике, если в нем имеются элементы, указанные на чертеже

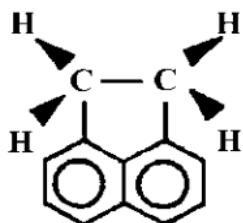


т.к.  $\varphi = 30^\circ$ ,  $n = 12$

если две плоскости пересекаются под углом  $\varphi = 180^\circ/n$  ( $\varphi = 30^\circ$ ), то через линию их пересечения проходит поворотная ось  $n = 180/30^\circ = 6$ , т.е. ось шестого порядка  
 имеется центр симметрии, 6-ть плоскостей *m*

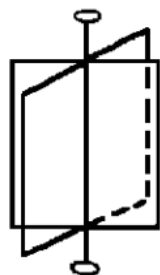


Обозначить элементы симметрии аценафтена



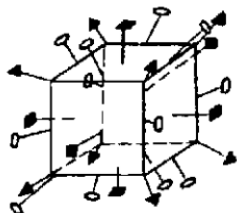
одна ось 2-го порядка, лежащая в плоскости чертежа

2-е плоскости симметрии, проходящие через ось 2-го порядка



в молекуле аценафтена нет ни одного элемента симметрии

Определите все поворотные оси в кубе, формула симметрии которого  $3C_44C_36C_2$



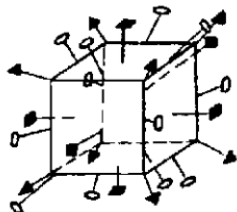
три оси 4-го порядка

четыре оси 3-го порядка

шесть осей 2-го порядка

семь осей 2-го порядка

Сколько поворотных осей 2-го порядка в кубе, формула симметрии которого  $3C_44C_36C_2$



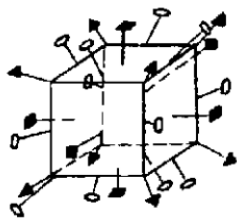
шесть

семь

три

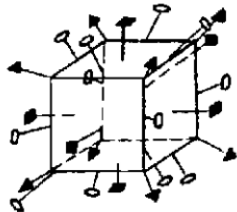
четыре

Сколько поворотных осей 3-го порядка в кубе, формула симметрии которого  $3C_44C_36C_2$



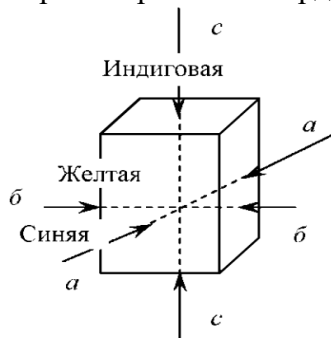
три  
шесть  
четыре  
семь

Сколько поворотных осей 4-го порядка в кубе, формула симметрии которого  $3C_44C_36C_2$



четыре  
шесть  
три  
семь

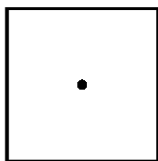
Окраска кристалла кордиерита



неодинакова в различных направлениях  
одинакова в различных направлениях  
неодинакова и иллюстрирует его анизотропность (неравносвойственность)  
одинакова и иллюстрирует его изотропность (равносвойственность)

Минимальный угол поворота, при котором происходит совмещение фигуры, называется  
углом поворота плоскости  
поворотным углом грани  
элементарным углом поворота оси  
центром симметрии

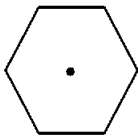
Фигура, изображенная на рисунке, обладает



осью симметрии 4-го порядка

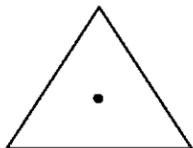
осью симметрии 2-го порядка  
 осью симметрии 3-го порядка  
 осью симметрии 5-го порядка

Фигура, изображенная на рисунке, обладает



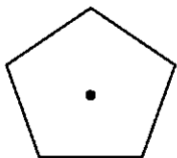
осью симметрии 3-го порядка  
 осью симметрии 5-го порядка  
 осью симметрии 6-го порядка  
 осью симметрии 4-го порядка

Фигура, изображенная на рисунке, обладает



осью симметрии 2-го порядка  
 осью симметрии 5-го порядка  
 осью симметрии 3-го порядка  
 осью симметрии 6-го порядка

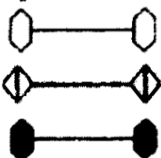
Фигура, изображенная на рисунке, обладает



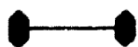
осью симметрии 4-го порядка  
 осью симметрии 3-го порядка  
 осью симметрии 2-го порядка  
 осью симметрии 5-го порядка

Обозначение четвертичной инверсионной оси симметрии

$L_4 (= \bar{4})$



Обозначение шестерной поворотной оси симметрии

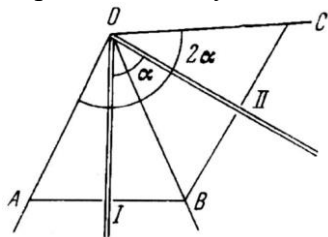


$L_6$

$L_4 (= \bar{4})$

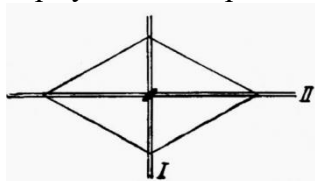


Отражение в двух плоскостях I и II, пересекающихся под углом  $\alpha$ ,



эквивалентно повороту вокруг линии их пересечения на угол  $4\alpha$   
 эквивалентно повороту вокруг линии их пересечения на угол  $2\alpha$   
 эквивалентно повороту вокруг линии их пересечения на угол  $\alpha/2$   
 эквивалентно повороту вокруг линии их пересечения на угол  $3\alpha/2$

Формула симметрии для фигуры



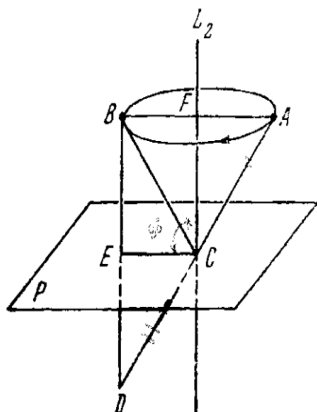
$L_2 4P$

$L_4 2P$

$L_2 2P$

$L_4 P$

Одна из теорем сложения элементов симметрии, иллюстрируемая на рисунке, гласит



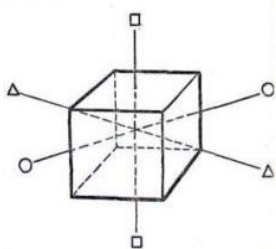
если плоскость симметрии располагается перпендикулярно к  $L_2$ , то в результате их сложения возникает центр симметрии

$L_3 + P = C$

$L_2 + P = C$

$L_5 + P = C$

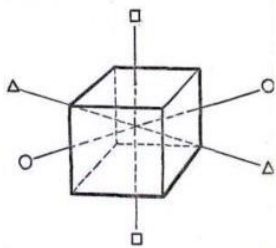
В кристаллах можно найти различные элементы симметрии:



плоскость симметрии

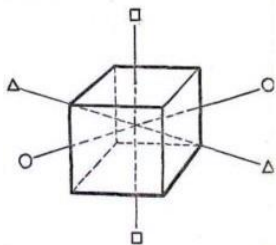
ось симметрии  
меридиану симметрии  
центр симметрии

Кристаллы в форме куба (NaCl, KCl и др.) имеют



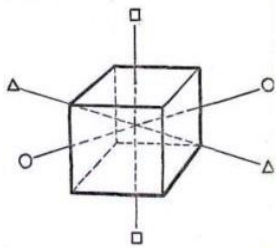
9 плоскостей симметрии  
4 плоскости симметрии  
9 плоскостей симметрии, 6 из которых проходят по диагоналям к граням куба  
9 плоскостей симметрии, 3 из которых проходят параллельно граням куба

Количество осей 4-го порядка в кристаллах в форме куба



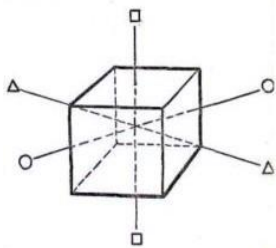
одна  
три  
две  
не имеется

Количество осей 3-го порядка в кристаллах в форме куба



пять  
четыре  
одна  
не имеется

Количество осей 2-го порядка в кристаллах в форме куба



две  
шесть  
три  
не имеется



## 2 рубежное тестирование

Кристаллы средних сингоний характеризуются наличием  
одной оси высшего порядка  
одной оси низшего порядка  
двух осей высшего порядка  
трех осей высшего порядка

В зависимости от типа сечения кристаллах средних сингоний имеется

6 призм

6 пинакоидов

5 призм

4 призмы

Если исходной геометрической формой будет пирамида, то соответственно получаем простые формы, называющиеся

тригональной пирамидой

тригональной дипирамидой

дитригональной дипирамидой

дитригональной пирамидой

Если исходной геометрической формой будет дипирамида, то соответственно получаем простые формы, называющиеся

тригональной дипирамидой

тригональной пирамидой

дитригональной дипирамидой

дитригональной пирамидой

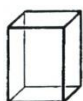
Укажите форму призмы средних сингоний



Укажите форму призмы средних сингоний



Укажите форму пирамиды средних сингоний



Укажите форму пирамиды средних сингоний



Укажите форму дипирамиды средних сингоний



Укажите форму дипирамиды средних сингоний





Количество простых форм средних сингоний

18

12

6

24

Укажите простую форму средней сингонии - тригональную призму



Укажите простую форму средней сингонии - дитригональную призму



Укажите простую форму средней сингонии - тетрагональную призму





Сечение - тригон - имеют



тригональная призма



тригональная пирамида



тригональная дипирамида



дитригональная призма



Укажите сечение (тетрагон) тетрагональной призмы



Укажите сечение (гексагон) гексагональной призмы

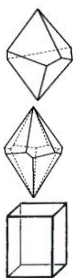


В кристаллах средней сингонии встречаются трапецоэдры. Укажите тригональный трапецоэдр



В кристаллах средней сингонии встречаются трапецоэдры. Укажите тетрагональный трапецоэдр

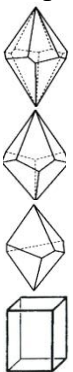




Угол смещения ( $\varphi$ ) верхней части простой формы трапецоэдра над нижней произвольный  
 строго  $45^\circ$   
 строго  $90^\circ$   
 строго  $30^\circ$

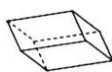
Фигуры трапецоеэдров отличаются от соответствующих дипирамид тем, что нижняя половина их смещена относительно верхней на некоторый угол  
 нижняя половина их находится строго над верхней  
 нижняя половина их смещена относительно верхней на угол  $90^\circ$   
 нижняя половина их смещена относительно верхней на угол в  $45^\circ$

В кристаллах средней сингонии встречаются трапецоэдры. Укажите гексагональный трапецоэдр



Простая форма средней сингонии - ромбоэдр - похож на трапецоэдр, но отличается от него тем, что его грани  
 располагаются посередине между верхними и наоборот  
 располагаются под углом в  $45^\circ$   
 располагаются под углом в  $30^\circ$   
 располагаются под углом в  $20^\circ$

Ромбоэдр получается из куба путем деформации его  
 вдоль одной из осей  $L_3$   
 вдоль одной из двух осей  $L_2$   
 вдоль одной из осей  $L_4$   
 поперек одной из осей  $L_3$



Тупой ромбоэдр получается  
 сжатием куба по оси третьего порядка  
 растяжением куба по оси третьего порядка  
 растяжением пирамиды по оси третьего порядка  
 сжатием пирамиды по оси третьего порядка



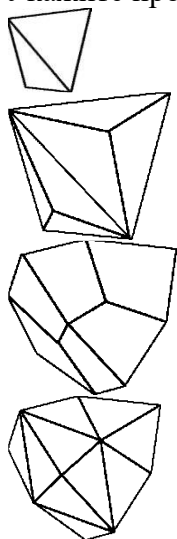
Острый ромбоэдр получается  
 растяжением куба по оси третьего порядка  
 сжатием куба по оси третьего порядка  
 растяжением пирамиды по оси третьего порядка  
 сжатием пирамиды по оси третьего порядка

## Тема 2

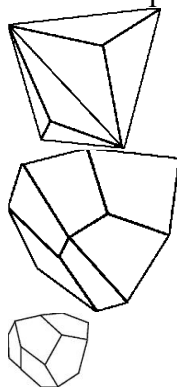
В кубической сингонии могут быть  
 общие простые формы  
 только свои специфические простые формы  
 частные простые формы  
 общие сложные формы

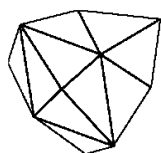
Тетраэдр кубической сингонии отличается от тетрагонального тетраэдра тем, что его грани  
 являются  
 равносторонними треугольниками  
 равнобедренными треугольниками  
 произвольными треугольниками с тремя неравными ребрами  
 прямоугольными треугольниками

Укажите простую форму кубической сингонии - тетраэдр

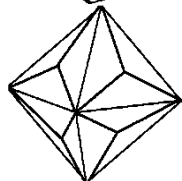
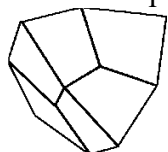


Укажите простую форму кубической сингонии - тригонитетраэд

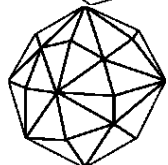
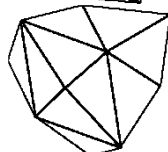
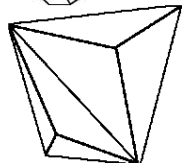




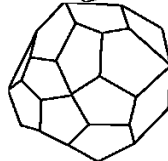
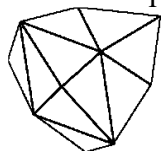
Укажите простую форму кубической сингонии - тетрагонритетраэдр

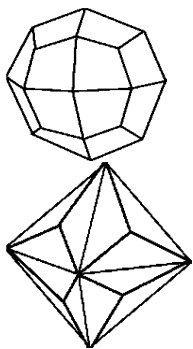


Укажите простую форму кубической сингонии - пентагонритетраэдр



Укажите простую форму кубической сингонии - гексатетраэдр





Простые формы кубической сингонии, производные от тетраэдра

тетрагонритетраэдр

пентаготритетраэдр

тригонтриоктаэдр

пентагонтриоктаэдр

Простые формы кубической сингонии, производные от октаэдра

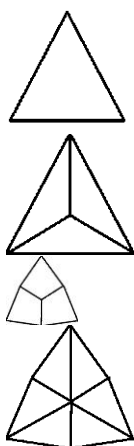
тригонтриоктаэдр

пентагонтриоктаэдр

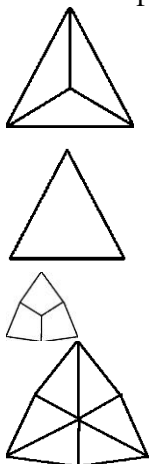
тетрагонритетраэдр

пентаготритетраэдр

Укажите форму грани тетраэдра

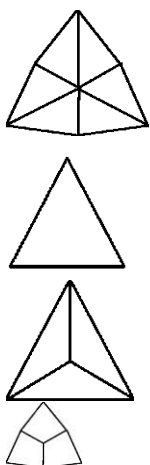


Укажите формы граней тригонритетраэдра и тригонтриоктаэдра



Укажите формы граней гексатетраэдра и гексаоктаэдра





Грани тритетраэдров могут быть  
треугольные  
четырёхугольные  
пятиугольные  
прямоугольные

Фигуры простой формы кубической сингонии тетраэдра, имеющие треугольные грани называются  
тригон-тритетраэдр  
тетрагон-тритетраэдр  
пентагон-тритетраэдр  
гексоктаэдр

Фигуры простой формы кубической сингонии тетраэдра, имеющие четырёхугольные грани называются  
тригон-тритетраэдр  
тетрагон-тритетраэдр  
пентагон-тритетраэдр  
гексоктаэдр

Фигуры простой формы кубической сингонии тетраэдра, имеющие пятиугольные грани называются  
тригон-тритетраэдр  
тетрагон-тритетраэдр  
пентагон-тритетраэдр  
гексоктаэдр

Все тритетраэдры простой формы кубической сингонии будут иметь по  
12 граней  
24 грани  
6 граней  
48 граней

Все триоктаэдры простой формы кубической сингонии будут иметь по  
12 граней  
24 грани  
6 граней  
48 граней

Все гексоктаэдры простой формы кубической сингонии будут иметь по

48 граней  
6 граней  
12 граней  
24 грани

Если форма грани у додекаэдра ромб, то фигура называется  
ромбододекаэдром  
пентагон-додекаэдр  
дидодекаэдр  
тридодекаэдр

Если форма грани у додекаэдра пятиугольник, то фигура называется  
пентагон-додекаэдр  
ромбододекаэдром  
дидодекаэдр  
тридодекаэдр

Кристаллы одного и того же вещества сростаются друг с другом закономерным образом, образуя  
двойники  
агрегаты  
ассоциаты  
комплексные соли

У сросшихся кристаллов - двойников - возникают  
дополнительные элементы симметрии  
двойниковые элементы симметрии  
тройниковые элементы симметрии  
четвертичные элементы симметрии

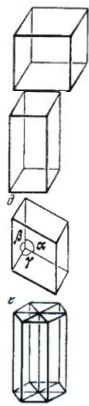
Если сросток состоит из многих кристаллов, закономерно чередующихся друг с другом  
то он называется природным двойником  
то он называется полисинтетическим двойником  
то он называется полиискусственным двойником

Двойниковые срастания октаэдрических кристаллов часто встречаются у  
 $MgAl_2O_4$   
 $MgO$   
 $CaO$   
 $BaO$

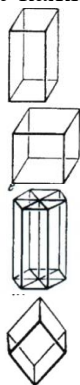
Двойниковые срастания кристаллов часто встречаются у  $MgAl_2O_4$  и называются  
шпинелевыми  
комплексными  
ассоциированными  
агрегатированными

Закономерные сростки кристаллов разнородных веществ называются  
эпитаксией  
застудневанием  
агрегатированием  
комплексообразованием

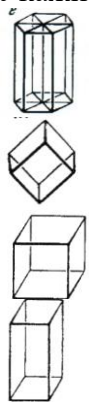
Укажите форму ячеек пространственных решеток кубической сингонии



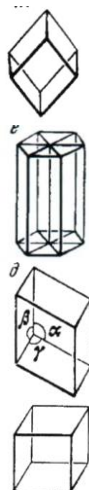
Укажите форму ячеек пространственных решеток тетрагональной сингонии



Укажите форму ячеек пространственных решеток гексагональной сингонии



Укажите форму ячеек пространственных решеток тригональной сингонии

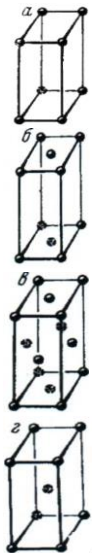


Элементарные ячейки в решетках Браве выбирают так, чтобы симметрия их оставалась такой же, как и всей решетки  
 симметрия их была различной и не совпадала со всей решеткой  
 число прямых углов было бы максимальным  
 объем ячейки минимальным

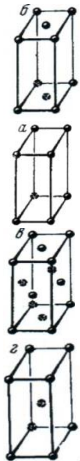
Однозначный ответ о числе возможных пространственных решеток был дан  
 Г. Вульфом  
 О. Браве  
 В. Бреггом  
 Р. де Л'Илем

Комбинируя ячейки пространственных решеток кристаллов с плоскими сетками, получим  
 4 ячейки Браве  
 2 ячейки Браве  
 3 ячейки Браве  
 5 ячеек Браве

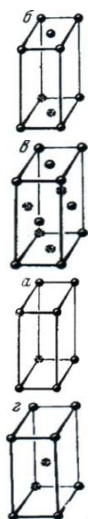
Укажите из четырех ромбических решеток Браве - примитивную (а)



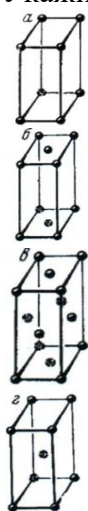
Укажите из четырех ромбических решеток Браве - базоцентрированную (б)



Укажите из четырех ромбических решеток Браве - гранецентрированную (в)



Укажите из четырех ромбических решеток Браве - объемноцентрированную (г)



О.Браве выведено форм пространственных решеток кристаллов

- 14
- 10
- 22
- 15

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Компьютерный класс, доступ к сети Интернет (во время самостоятельной работы), оргтехника, электронная база данных библиотеки СОГУ, лекционные аудитории; кабинет, оснащенный интерактивной доской, проектором.

### а) Основная литература:

1. Бокий, Г.Б. Кристаллохимия / Г.Б. Бокий. – Уч. изд. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1971. - 400 с.: ил. В наличии в библиотеке СОГУ: 12 экз.
2. Пугачев, В.М. Кристаллохимия / В.М. Пугачев. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013. – 104 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232461>. – ISBN 978-5-8353-1322-8. – Текст: электронный.
3. Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия / Ю.М. Басалаев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014. – 403 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278304>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8353-1712-7. – Текст: электронный.
4. Мордасов, Д.М. Кристаллография: учебное электронное издание / Д.М. Мордасов, В.В. Строкова, И.В. Жерновский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов: ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2018. – 81 с.: табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=570376>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8265-1995-0. – Текст: электронный.
5. Новоселов, К.Л. Основы геометрической кристаллографии / К.Л. Новоселов; Министерство образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. – 73 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442772>. – Библиогр. в кн. – Текст: электронный.

### б) дополнительная литература:

6. Батаев, И.А. Кристаллография: обозначение и вывод классов симметрии / И.А. Батаев, А.А. Батаев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : НГТУ, 2015. – 60 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438293>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-2740-8. – Текст: электронный.
7. Бойко, С.В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия / С.В. Бойко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2015. – 212 с.: табл., ил. – Режим доступа:

- по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435663>. – Библиогр.: с. 190-194. – ISBN 978-5-7638-3223-5. – Текст: электронный.
8. Франк-Каменецкая, О.В. Кристаллофизика: [16+] / О.В. Франк-Каменецкая; Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. – 84 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457943>. – ISBN 978-5-288-05673-4. – Текст: электронный.
  9. Брагина, В.И. Кристаллография, минералогия и обогащение полезных ископаемых / В.И. Брагина; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. – 152 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363881>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7638-2647-0. – Текст: электронный.
  10. Избранные главы кристаллохимии и методы изучения наноструктурированных материалов / Т.З. Лыгина, Р.Е. Фомина, А.М. Губайдуллина, С.В. Водопьянова; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань: Издательство КНИТУ, 2018. – 168 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=501173>. – Библиогр.: с. 162-163. – ISBN 978-5-7882-2411-4. – Текст: электронный.
  11. Современные методы структурного анализа веществ / М.Ф. Куприянов, А.Г. Рудская, Н.Б. Кофанова и др.; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2009. – 288 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241003>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-0653-8. – Текст: электронный.
  12. Мони́на, Л.Н. Рентгенография. Качественный рентгенофазовый анализ: [16+] / Л.Н. Мони́на; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тюменский государственный университет, Институт химии. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2016. – 119 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=567437>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-400-01316-4. – Текст: электронный.

#### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

Обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам (библиотека СОГУ):

- **Электронная библиотека диссертаций и авторефератов РГБ** (ЭБД РГБ)  
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ
- **ЭБС «Университетская библиотека ONLINE»**  
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ
- **ЭБС «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»**  
Самостоятельная регистрация на сайте
- **ЭБС «Консультант студента» Студенческая электронная библиотека по медицинскому и фармацевтическому образованию, а также по естественным и точным наукам в целом**  
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ

- **ЭБС «Юрайт» — образовательная среда, включающая виртуальный читальный зал учебников и учебных пособий от авторов из ведущих вузов России по всем направлениям и специальностям**  
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ
- **Springer Customer Service Center GmbH** (база данных, содержащие электронные издания издательства Springer Nature за период 2011 — 2017 гг. (полнотекстовая коллекция в количестве 46 332 книг)

Сайт дистанционного обучения СОГУ <http://dist-edu.nosu.ru/>

**г) современные информационные справочные системы, электронные образовательные ресурсы:**

1. Учебные материалы на сайте кафедры кристаллографии СПбГУ: <http://crystal.geology.spbu.ru/> ;
2. Weisberg M., Needham P., Hendry R. Philosophy of Chemistry (First published Mar 14, 2011) // The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Edited by Edward N. Zalta. <http://plato.stanford.edu/entries/chemistry/> ;
3. HYLE. International Journal for Philosophy of Chemistry. <http://www.hyle.org/journal/concept.htm>



## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

<p><b>Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы обучающихся:</b> преподавательский стол, стул, столы и стулья для обучающихся, кафедра, классная доска.</p> <p>Оборудование: мультимедийный комплекс (проектор, экран), ноутбук, колонки с программным обеспечением, выходом в сеть Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду СОГУ</p> <p>Программное обеспечение Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free; демонстрационные и учебно-наглядные пособия (видеопрезентация).</p>	<p>Российская Федерация, 362025, Республика Северная Осетия –Алания, город Владикавказ, улица Ватутина, дом 44-46, учебный корпус № 7, ауд. № 414</p>
<p><b>Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:</b> преподавательский стол, стул, столы и стулья для обучающихся, классная доска, кафедра.</p> <p>Интерактивное мультимедийное оборудование с программным обеспечением, выходом в сеть Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду СОГУ: (Доска FOX IB82, Проектор Aser U5200 настенный кронштейн FOX ST1200). Рабочая станция в комплекте: Процессор: AMD X3 455/ ASRock N68-S3/2048Mb/500Gb</p> <p>Компьютер для офиса в комплекте (Монитор (AOC 23,6 i2476Vwm&lt;Black&gt;)//Системный блок (FOX MIMO 9606-BU) AMD A8 X4 5500.MSI A78M-E35,4Gb DDR3 1600,1Tb, DVD+/-RW,450w,y/ Клавиатура (KB-528 FOXy/Мышь (MS-1008:OXy/Сетевой фильтр (Вито 600SH-3-9FT)// Патч корд (Patchcord литой 5E Copper 3m)//Розетка TWT. Лазерный принтер Phaser 3140. Удлинитель 4x3 c/з Della - 2шт.</p> <p>Программное обеспечение: Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free; демонстрационные и учебно-наглядные пособия (видеопрезентация).</p>	<p>Российская Федерация, 362025, Республика Северная Осетия –Алания, город Владикавказ, улица Ватутина, дом 44-46, учебный корпус № 7, ауд. № 607 Б</p>
<p><b>Лаборатории: компьютерные классы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы обучающихся:</b></p> <p>преподавательский стол, стул, столы и стулья для обучающихся, кафедра, классная доска.</p> <p>Оборудование: Компьютеры для компьютерного класса в комплекте - с программным обеспечением, выходом в сеть Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду СОГУ; источники бесперебойного питания, Ippon, коммутатор для класса D-Link DGS-10240, интерактивная доска 78"(1702070/15112/11344/2+ проектор Beno MX503.</p> <p>Программное обеспечение: Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free; Система тестирования Sunrav WEB Class (Бессрочное ПО); Программное обеспечение для редактирования химических формул Isis Draw (Бессрочное ПО); Консультант плюс; Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат ВУЗ»; Программа для ЭВМ «Банк вопросов для контроля знаний»; Гарант; Cisco Webex; демонстрационные и учебно-наглядные пособия (видеопрезентация).</p>	<p>Российская Федерация, 362025, Республика Северная Осетия –Алания, город Владикавказ, улица Ватутина, дом 44-46, учебный корпус № 7, ауд. № 614</p>
<p><b>Библиотека, в том числе читальный зал:</b> столы и стулья для обучающихся, компьютеры в комплекте - с программным обеспечением, выходом в сеть Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду СОГУ</p> <p>Программное обеспечение: Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free; Консультант плюс; Гарант; Cisco Webex;</p> <p>ЭБС"Университетская библиотека ONLINE" <a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a></p> <p>ЭБС «Консультант студента» <a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a></p> <p>ЭБС «Юрайт» <a href="http://www.biblio-online.ru">www.biblio-online.ru</a></p>	<p>Российская Федерация, 362025, Республика Северная Осетия –Алания, город Владикавказ, улица Церетели/Ватутина, дом 16/19, учебный корпус № 6</p>

