

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП




А.Г. Тырков

«24» января 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
фундаментальной и прикладной  
химии



Л.А. Джигола

«24» января 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«КРИСТАЛЛОХИМИЯ»**

Составитель(-и)

**Чабакова А.К., доцент, к.х.н., доцент**

Направление подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль) ОПОП

**Химия**

Квалификация (степень)

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Год приема

**2023**

Курс

**3**

Семестр(ы)

**5**

Астрахань – 2025

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**1.1. Целями освоения дисциплины (модуля) «Кристаллохимия»** являются: расширение знаний студентов о свойствах твердых веществ и закономерностей их изменения, установление связи между атомным строением кристаллов и их химическими, физическими и геометрическими свойствами.

**1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):** ознакомление с кристаллической структурой и способами ее моделирования; с основами рентгеноструктурного анализа; с группами симметрии и структурными классами; с основными понятиями кристаллохимии.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП**

**2.1. Учебная дисциплина (модуль) «Кристаллохимия»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и осваивается в 5 семестре.

**2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами (модулями):**

- общая химия, неорганическая химия, аналитическая химия, физика, математика (геометрия).

**Знания:** место кристаллохимии в ряду других естественных дисциплин, ее значение в жизни современного общества, способы моделирования кристаллической структуры; с основами рентгеноструктурного анализа; группы симметрии и структурные классы; основными понятиями кристаллохимии; систематической кристаллохимии.

**Умения:** определять строение кристаллов, их симметрию, природу связей в кристаллах, прогнозировать их электрические, оптические магнитные и другие свойства. Осуществлять в лабораторных условиях выращивание кристаллов отдельных веществ и описывать их с точки зрения симметрии.

**Навыки:** техники безопасности при выполнении работ в лаборатории, регистрации и обработки результатов экспериментов, методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ.

**2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):**

- физическая химия,
- современные методы химического анализа,
- производственная практика.

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

**профессиональных (ПК):**

ПК-3 «Способен готовить объекты исследования (вещества синтетического и природного происхождения, материалы и пр.) и проводить их изучение по заданным методикам»

**Таблица 1 - Декомпозиция результатов обучения**

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать	Уметь	Владеть
ПК-3 Способен готовить объекты исследования (вещества синтетического и природного происхождения, материалы и пр.) и проводить их изучение по заданным методикам	ИПК-3.1.1 - свойства и характеристику объектов исследования	ИПК-3.2.1 - готовить объекты исследования	ИПК-3.3.1 - навыками работы по подготовке объектов исследования
	ИПК-3.1.2 - готовые методики к экспериментальным работам	ИПК-3.2.2 - проводить экспериментальные работы по готовым методикам	ИПК-3.3.2 - навыками работы с готовыми методиками
	ИПК-3.1.3 -основные этапы расчетно-теоретических исследований	ИПК-3.2.3 - проводить расчетно-теоретические исследования по заданным методикам	ИПК-3.3.3 - навыками работы с расчетно-теоретическими исследованиями
	ИПК-3.1.4 - стандартные операции при работе на высокотехнологичном химическом оборудовании	ИПК-3.2.4 - выполнять стандартные операции при работе на высокотехнологичном химическом оборудовании	ИПК-3.3.4 - навыками работы с высокотехнологичным химическим оборудованием
	ИПК-3.1.5 - основные параметры контроля качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции	ИПК-3.2.5 - осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции	ИПК-3.3.5 - навыками работы по контролю качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции
	ИПК-3.1.6 - паспортизацию веществ и материалов	ИПК-3.2.6 - проводить паспортизацию веществ и материалов	ИПК-3.3.6 -навыками работы с паспортизацией веществ и материалов
	ИПК-3.1.7 - новые методики контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции	ИПК-3.2.7 - тестировать новые методики контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции	ИПК-3.3.7 - навыками работы с новыми методиками контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Объём дисциплины (модуля) составляет 2 зачётные единицы, в том числе 54 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 18 часов – лекции, 36 часов – лабораторные работы), и 18 часов – на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2- Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Тема 1. Общие представления о кристаллах, кристаллическом веществе, свойствах кристаллических веществ	5	2		4		2	Рейтинговая контрольная работа 1 Тестовый контроль Собеседование Лабораторная работа 1
Тема 2. Основные понятия кристаллохимии		2		4		2	Тестовый контроль Собеседование Лабораторная работа 2
Тема 3. Факторы, определяющие структуру кристаллов		2		4		2	Собеседование
Тема 4. Типы химических связей в кристаллах		2		4		2	Собеседование
Тема 5. Зависимость физико-химических свойств кристаллов от их строения		2		4		2	Контрольная работа 2 Собеседование
Тема 6. Строение реального кристалла		2		4		2	Собеседование Лабораторная работа 3
Тема 7. Кристаллохимические закономерности в периодической системе		2		4		2	Собеседование
Тема 8. Химия неорганических соединений		2		4		2	Собеседование
Тема 9. Кристаллохимия органических соединений		2		4		2	Собеседование
<b>Итого</b>		<b>18</b>		<b>36</b>		<b>18</b>	Зачет

Примечание:

Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар, ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа, СР – самостоятельная работа.

**Таблица 3 - Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций**

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	Код компетенции	$\Sigma$ общее количество компетенций
		ПК- 3	
Тема 1. Общие представления о кристаллах, кристаллическом веществе, свойствах кристаллических веществ	8	+	1
Тема 2. Основные понятия кристаллохимии	8	+	1
Тема 3. Факторы, определяющие структуру кристаллов	8	+	1
Тема 4. Типы химических связей в кристаллах	8	+	1
Тема 5. Зависимость физико-химических свойств кристаллов от их строения	8	+	1
Тема 6. Строение реального кристалла	8	+	1
Тема 7. Кристаллохимические закономерности в периодической системе	8	+	1
Тема 8. Химия неорганических соединений	8	+	1
Тема 9. Кристаллохимия органических соединений	8	+	1
<b>Итого</b>	<b>72</b>		

### **Краткое содержание учебной дисциплины.**

#### **Тема 1. Понятие о кристаллах и кристаллическом веществе**

Установление законов внешней формы кристаллов. Закон граничных углов.

Свойства кристаллов: анизотропность, однородность, способность к самоограничению, наличие постоянной температуры плавления, симметрия. Симметрия кристаллов как их свойство и метод изучения. Понятие о симметрии, элементы симметрии, сложение элементов симметрии, вывод тридцати двух видов симметрии внешней формы кристаллов.

Форма кристаллических многогранников. Понятие простой формы. Простые формы кристаллов низшей, средней и кубической (высшей) сингонии. Возможные грани кристаллов. Двойники и закономерные сростки.

Закон целых чисел и аналитические методы описания кристаллических многогранников. Вывод закона целых чисел. Кристаллографические символы. Математическое определение символов грани. Установка кристаллов.

Понятие о монокристалле и его производстве. Связь кристаллохимии с другими науками.

## **Тема 2. Основные понятия кристаллохимии**

Геометрическая теория структуры кристалла. Понятие кристаллической решетки. Кристаллический многогранник и решетка кристалла.

Трансляция как вид симметрии и симметрическое преобразование, ось трансляции, трансляционная группа (группа переносов или кристаллическая решетка). Плоские сетки решетки. 14 решеток Бравэ.

Понятие о кристаллическом анализе.

Теория структуры кристаллов Е. С. Федорова - Шенфлиса. Пространственные группы симметрии.

Элементы симметричности: плоскость скользящего отражения, винтовая ось. 230 видов симметрии, характеризующих внутреннюю симметрию кристаллов. Понятие о правильной системе точек. Федоровские группы симметрии.

Первые определения атомных структур кристаллов при помощи рентгеновских лучей. Вывод основной формулы рентгеноструктурного анализа. Определение межплоскостных расстояний в кристаллах и взаимное расположение в них атомов (структурных единиц).

Определение структуры чистых металлов: меди,  $\alpha$ -железа, магния.

Число правильных систем точек в структуре. Структура кристалла и структурный тип. Структуры алмаза и графита. Простейшие структурные типы соединений AX: хлорида натрия, хлорида цезия, сфалерита (ZnS), вюрцита (ZnS), никелина (арсенида никеля NiS), борнитрида (BN).

Координационное число (к.ч.) и координационный многогранник (к.м.).

Простейшие структуры типа AX<sub>2</sub> и A<sub>2</sub>X. Структурный тип флюорита (CaF<sub>2</sub>), рутила (TiO<sub>2</sub>), кристобалита (SiO<sub>2</sub>), диоксида углерода, пирита (FeS<sub>2</sub>). Определение КЧ и КМ в структурах разного типа.

Структуры с параметрами и без параметров. Вычисление межатомных расстояний и валентных углов в структурах.

## **Тема 3. Факторы, определяющие структуру кристалла**

Гетеродесмические и гомодесмические структуры.

Эффективные радиусы ионов. Определение ионных и атомных радиусов. Метод изображения кристаллических структур шарами разных размеров (теория шаровых упаковок), геометрический характер структур, полиэдрическое изображение кристаллических структур.

Зависимость координационного числа от относительных размеров атомов и ионов. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами.

Поляризация ионов. Зависимость размеров атомов и ионов от координационных чисел.

Структурный тип перовенита. Поляризация ионов в галоидных соединениях серебра. Зависимость межатомных расстояний от КЧ ионных кристаллов и металлов.

Влияние поляризационных свойств катиона и аниона на структуру соединений типа AX<sub>2</sub>. Слоистые структуры. Структурные типы CdCl<sub>2</sub>, CdI<sub>2</sub>, MoS<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>, Mn(OH)<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>.

Влияние поляризации на структуру кристаллов.

Правило Гольдшмидта.

## **Тема 4. Типы химических связей в кристаллах**

Электронная структура атомов. Структура атомных ядер. Природа электрона.

Нормальное и возбужденное состояние атомов. Ионы. Понятие ионной связи. Строение ионных кристаллов. Энергия решетки ионных кристаллов. Формулы энергии решетки кристаллов. Экспериментальные методы проверки формул для расчета энергии решетки. Круговой процесс Борна – Габера. Понятие ковалентной связи, ее природа, свойства, разновидности, координационная связь как разновидность ковалентной связи.

Структура простых веществ с ковалентными связями, правило Юм - Розери, применение его для объяснения кристаллических структур кристаллических веществ с ковалентной связью. Кристаллические структуры бинарных и более сложных соединений. Правило Пирсона.

Система тетраэдрических ковалентных «радиусов». Остаточная связь (Ван - дер - Ваальса). Энергия решетки кристаллов с Ван - дер - Ваальсовой связью.

Металлическая связь. Природа и свойства металлической связи. Зонная теория кристаллов. Энергетический спектр электронов в кристаллах. Свойства металлов в свете зонной теории, применение ее для объяснения свойств других кристаллических веществ. Классификация кристаллов с точки зрения зонной теории. Изоляторы, полупроводники, проводники.

Энергия решетки металлического кристалла. Электронная эмиссия пограничного слоя металла с точки зрения зонной теории.

Промежуточные типы связей в кристаллах. Понятие о промежуточных типах связи.

Водородная связь. Ионно-ковалентные связи. Ковалентно-металлические связи. Полупроводники. Ионно-металлические связи. Интерметаллические соединения.

### **Тема 5. Зависимость физико-химических свойств кристаллов от их строения**

Зависимость физико-химических свойств твердых веществ от типа химических связей в кристаллах. Электрические свойства металлов, гомеоплярных соединений, ионных кристаллов, кристаллов с дефектными структурами.

Оптические свойства ионных кристаллов, гомеоплярных веществ, молекулярных кристаллов. Ковкость металлов. Спайность. Понятие о спайности, природа спайности. Теория спайности Ю. В. Вульфа.

Коэффициенты механического сжатия и термического расширения. Зависимость коэффициентов механического сжатия и термического расширения от типа плотнейшей упаковки, межатомного расстояния в структуре, поля ризационных свойств катиона.

Твердость и температура плавления. Зависимость этих свойств от типа связи в кристаллах, типа структуры, межатомного расстояния, валентности катиона, его электронного строения.

Влияние водородной связи на физико-химические свойства кристаллических веществ.

Эффект ионного экранирования. Соединения закрытого и открытого типа. Электростатическая теория экранирования Коссея, Гольмшмидта – Ван – Археля. Влияние эффекта ионного экранирования на растворимость, температуру кипения и температуру плавления кристаллических веществ.

Растворимость кристаллических веществ. зависимость растворимости кристаллов от соотношения ионных радиусов в структуре, плотности решетки, эффекта экранирования, электронного строения ионов, поляризационных свойств катиона и аниона, а также типа структуры (координационная, слоистая, молекулярная). Магнитные свойства кристаллов.

### **Тема 6. Строение реального кристалла**

Идеальный и реальный кристалл. кристаллическое и аморфное состояние. Отклонение внешней формы реальных кристаллов от идеальных геометрических законов.

Точечные дефекты в атомной структуре кристалла: в металлическом кристалле, в ионных кристаллах, в кристаллах с ковалентными и Ван-дер-Ваальсовыми связями; точечные дефекты, связанные с примесными атомами.

Дислокации: линейные, винтовые, образование и движение дислокаций.

Зависимость физико-химических свойств кристаллов от реальной структуры. Дислокации и прочность материалов. Методы обнаружения дефектов кристаллов. Зависимость электрических свойств полупроводниковых кристаллов от их реальной структуры. Оптические свойства ионных кристаллов, зависящие от дефектов кристалла.

### **Тема 7. Кристаллические закономерности в периодической системе**

Кристаллические структуры истинных металлов. Наиболее распространенные типы структур металлов: гексагональная плотнейшая упаковка, кубическая плотнейшая упаковка, объемно-центрированная упаковка. Координационные числа металлов.

Особенности структур марганца, ртути, цинка, ромбоэдрических и гексагональных структур.

Кристаллические структуры элементов главных подгрупп IV –VII групп. Правило Юм – Розери и координационное число в этих структурах.

Кристаллические структуры благородных газов.

Особенности кристаллических структур главных подгрупп III и IV групп.

Распределение элементов по подгруппам периодической системы в соответствии с кристаллохимическими данными.

Классификация бинарных и более сложных соединений.

### **Тема 8. Кристаллохимия неорганических соединений**

Классификация бинарных соединений. Тройные и более сложные соединения. Правила Полинга для структур ионных кристаллов. Особенности структур с преимущественно ковалентным типом связи. Кристаллохимия силикатов. Основные черты строения силикатов. Структурные формулы силикатов. Элементы, имитирующие кремний в силикатах. Важнейшие катионы и анионы в силикатах. Плотнейшие упаковки в силикатах. Изоморфизм в классе силикатов. Зависимость физических свойств силикатов от их структуры. Кристаллохимия боратов.

### **Тема 9. Кристаллохимия органических соединений.**

Ковалентные и Ван-дер-Ваальсовы «радиусы» неметаллических элементов. Конфигурация молекул в газообразном и кристаллическом состоянии элементов-органогенов. Формы простейших молекул и комплексных ионов. Валентные углы. Классификация молекулярных структур. Применение принципа плотнейшей упаковки к молекулярным кристаллам. Строение углеводов. Строение более сложных органических соединений. Органические соединения с гетероатомами. Строение органических соединений с немолекулярными структурами. Ионные структуры соединений элементов-органогенов. Зависимость характера связи от межатомных расстояний. Пространственные затруднения в молекулах. Конформация.

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)**

Преподаватель должен активно непосредственно участвовать в учебном процессе и проводить подготовку к нему. Необходимость постоянной подготовки к лекциям, семинарским и практическим занятиям обусловлена необходимостью отражать современные подходы, взгляды, данные по темам и разделам. Проводя подготовку к учебному процессу необходимо изучать современные методические рекомендации, результаты научных исследований, новые технологии и т.д. При реализации различных видов учебной работы преподаватель должен использовать образовательные технологии: создание интерактивных

презентаций, обучающие компьютерные программы, технологии развития мышления (эффективная лекция, таблицы, работа в группах и т.д.)

В ходе подготовки лекции преподаватель должен разрабатывать план лекции, в котором должен определить те основные материалы, которые слушатели должны понять и записать. Содержание лекции должно быть организованным и четким, что делает усвоение материала доступным. Содержание лекции должно отвечать следующим требованиям: изложение материала от простого к сложному; от известного к неизвестному; логичность, четкость и ясность в изложении материала; возможность проблемного изложения; дискуссии и диалога в конце лекции с целью активизации деятельности слушателей; опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные; тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и профессиональной деятельностью. В ходе лекционного занятия преподаватель должен четко озвучить тему, представить план, кратко изложить цель, учебные вопросы. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Следует также раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. При изложении лекционного материала следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам, приводя примеры, раскрывать положительный отечественный и зарубежный опыт. По ходу изложения, возможно, задавать риторические вопросы и самому давать на них ответ. Преподаватель в целом не должен отвлекаться от излагаемого материала лекции. Преподаватель должен руководить работой слушателей по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы. Используемый во время лекции наглядный материал – слайды, таблицы, схемы, иллюстрации помогает вести конспекты и улучшает темп предложения материала лекций. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Для закрепления материала, подготовки к семинарским и практическим занятиям и выполнения самостоятельной работы необходимо рекомендовать литературу, основную и дополнительную, в том числе учебно-методические материалы, а также электронные источники (интернет-ресурсы).

Лабораторные занятия способствуют закреплению знаний полученных студентами в ходе обучения и самостоятельной работы, формированию компетенций, навыков в получении информации, приобретению умений провести ее обработку и анализ, овладению навыками планирования, анализа и управления. Общее требование при разработке тематики лабораторных таково - этот вид аудиторных занятий должен научить студента правильно оценить и предвидеть развитие ситуации, управлять ее формированием, владению методами анализа. На занятиях проводится отработка практических умений под контролем преподавателя. В конце каждого лабораторного занятия преподаватель планирует 6-7 минут для подведения итогов. Он обращает внимание на то, как освоен учебный материал по теме в целом, анализирует типичные ошибки и недоработки студентов, акцентирует их внимание на значимость темы.

Для реализации компетентностного подхода рекомендуется использовать в учебном процессе активные и интерактивных формы проведения занятий.

### **Тема «Элементы симметрии, сложение элементов симметрии»**

#### **Сформулировать–поделиться–создать – проверить**

##### *1. Мотивационный этап.*

Создание ситуации, в которой возникает желание изучать новый материал. Этап заканчивается формулировкой нескольких вопросов, которые охватывают ключевые понятия темы (понятие ось симметрии, плоскость симметрии, ось симметрии;

вид (класс) симметрии, сингония, категория, формы (простые и комбинации, открытые и

закрытые) и выявляют возможное непонимание материала в при решение задач.

## *2. Содержание занятия.*

Первый этап – сформулировать.

Студенты самостоятельно изучают лекционные записи и материал данный в учебниках, формулируют свои ответы на заданные вопросы.

Второй этап – поделиться.

Студенты объединяются в пары и по очереди представляют друг другу свои решения, определяя и обсуждая класс симметрии, форму, сингонию и категорию многогранника.

Третий этап – создать. Студенты вместе создают новое решение с учетом результатов обсуждения, которое включает в себя лучшие идеи.

Четвертый этап – проверить.

Работает вся группа. Несколько пар предоставляют свой отчет на заданные вопросы. Ошибки и спорные вопросы становятся началом коллективного обсуждения. Все студенты проверяют свои решения, вносят исправления, пояснения и дополнения.

## *3. Дидактические средства.*

Модели многогранников, тестовые задания.

### *4. Контрольно-корректировочный этап.*

Осуществить анализ собственного опыта. Проведение тестирования студентов.

## **Тема. «Зависимость физико-химических свойств кристаллов от их строения»**

### **Проблемная лекция**

#### *1. Мотивационный этап.*

Создание проблемной ситуации при рассмотрении закономерности изменения оптических свойств галогенидов, оксидов и сульфидов элементов IA и IIA групп в кристаллическом состоянии. Известно, что от состояния ионно-ковалентной связи зависят оптические свойства кристалла (коэффициент светопреломления, рефракция) и с увеличением порядкового номера элементов одной подгруппы возрастает степень ионности связи катион-анион и вместе с этим явлением уменьшается коэффициент светопреломления.

#### *2. Разработка способа решения проблемы*

Катионы IA группы обладающие достаточно большим радиусом в сочетании с одним электроном на внешнем уровне обладают типично металлическими свойствами степень которых возрастает с увеличением атомного радиуса, который возрастает сверху в низ по группе. В соединении с одним и тем же электроотрицательным элементом возникает ионно-ковалентная связь, степень ионности которой возрастает с увеличением порядкового номера металла, следовательно коэффициент светопреломления, рефракция и другие показатели оптических свойств этих кристаллов должны закономерно изменяться.

#### *3. Реализация найденного решения.*

В результате рассмотрения зависимости физико-химических свойств кристаллов от их строения будут сформированы представления о закономерности изменения оптических свойств ионных кристаллов не только в группах электронных аналогов, но и в периодах периодической системы.

#### *4. Контрольно-корректировочный этап.*

Подведение итогов работы со студентами

## **Тема «Строение реального кристалла»**

### **Обучение в малых группах**

#### *1. Подготовительный этап.*

Разбивка студентов на минигруппу (3-4 человека).

Разделение вопросов для обсуждения. Распределение ролей. Состав группы:

**Докладчик** представляет основной доклад по своему вопросу

1. теория структуры кристаллов Федорова
2. первое определение атомных структур кристаллов
3. три простейшие структуры чистых металлов
4. структурный тип простых веществ

5. структурный тип веществ типа AX, AX<sub>2</sub>, A<sub>2</sub>X

Докладчик обосновывает свою позицию.

**Содокладчик** отвечает на вопросы представителей других групп по представленному докладу, отстаивает позицию своей группы.

**Оппонент** кратко пересказывает позицию докладчика из другой группы, находит ее уязвимые, спорные места или ошибки, задает вопросы представителям других групп.

**Эксперт** оценивает работу каждого участника.

*2. Организационный этап.*

Напоминание правил преподавателем, установление регламента (в роли хронометриста преподаватель, представление и обсуждение докладов).

*3. Рефлексивный этап.*

Обсуждение результатов

*5. Дидактические средства.*

Ноутбук, интернет, демонстрационный эксперимент

**Учебный проект: Определение оптимальных условий для выращивания кристаллов из водных растворов**

*1. Мотивационный этап.*

Создание ситуации, в которой у студентов возникает потребность в изучении способов выращивания кристаллов в лабораторных условиях. Этап заканчивается формулировкой задачи – вырастить кристалл из водного раствора.

*2. Содержание занятия.*

Разбивка студентов на минигруппы (2-3 человека). Формирование нового знания, связанного с решением студентами познавательной задачи по выбору оптимальных условий для выращивания кристаллов различных солей из водных растворов в лабораторных условиях.

*3. Контрольно-корректировочный этап.*

Защита учебного проекта. Оценивается объем выполненной работы, качество проведенного титрования и полученных результатов, умение четко выражать свои мысли, отстаивать свою точку зрения, отвечать на вопросы и т. д.

Подведение итогов и анализ работы со студентами.

*4. Дидактические средства.*

Компьютер, проектор, набор химических реактивов, химическая посуда и оборудование.

**5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

**Таблица 4 - Содержание самостоятельной работы обучающихся**

<i>Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>	<i>Кол-во часов</i>	Формы работы
<b>Тема 1. Общие представления о кристаллах, кристаллическом веществе, свойствах кристаллических веществ</b> Свойства кристаллов: анизотропность, однородность, способность к самоограничению, наличие постоянной температуры плавления, симметрия. Симметрия кристаллов как их свойство и метод изучения. Форма кристаллических многогранников. Понятие простой формы. Простые формы кристаллов низшей, средней и кубической (высшей) сингонии. Математическое	2	Оформление отчета по лабораторной работе, конспектирование ответов к собеседованию, решение задач

<p>определение символов грани. Установка кристаллов.</p> <p>Понятие о монокристалле и его производстве. Связь кристаллохимии с другими науками.</p>		
<p><b>Тема 2. Основные понятия кристаллохимии</b></p> <p>Структуры алмаза и графита. Простейшие структурные типы соединений AX: хлорида натрия, хлорида цезия, сфалерита (ZnS), вюрцита (ZnS), никелина (арсенида никеля NiS), борнитрида (BN).</p>	2	Оформление отчета по лабораторной работе, конспектирование ответов к собеседованию
<p><b>Тема 3. Факторы, определяющие структуру кристаллов</b></p> <p>Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами. Поляризация ионов. Слоистые структуры. Влияние поляризации на структуру кристаллов.</p>	2	Конспектирование ответов к собеседованию
<p><b>Тема 4. Типы химических связей в кристаллах</b></p> <p>Металлическая связь. Металлическая решетка. Ионноковалентная связь. Ковалентнометаллическая связь. Полупроводники. Монометаллическая связь.</p>	2	Конспектирование ответов к собеседованию
<p><b>Тема 5. Зависимость физико-химических свойств кристаллов от их строения</b></p> <p>Влияние водородной связи на физико-химические свойства вещества. Эффект экранирования ионов. Зависимость физико-химических свойств кристалла от реальной структуры.</p>	2	Конспектирование ответов к собеседованию
<p><b>Тема 6. Строение реального кристалла</b></p> <p>Идеальный и реальный кристалл. кристаллическое и аморфное состояние. Отклонение внешней формы реальных кристаллов от идеальных геометрических законов.</p>	2	Оформление отчета по лабораторной работе, конспектирование ответов к собеседованию
<p><b>Тема 7. Кристаллохимические закономерности в периодической системе</b></p> <p>Классификация химических соединений. Классификация двойных (бинарных) и более сложных химических соединений. Кристаллохимическая систематика химических соединений.</p>	2	Конспектирование ответов к собеседованию
<p><b>Тема 8. Химия неорганических соединений</b></p> <p>Кристаллохимия силикатов. Основные черты строения силикатов. Структурные формулы силикатов. Элементы, имитирующие кремний в силикатах. Важнейшие катионы и анионы в силикатах. Плотнейшие упаковки в силикатах. Изоморфизм в классе силикатов. Зависимость физических свойств силикатов от их структуры. Кристаллохимия боратов.</p>	2	Конспектирование ответов к собеседованию
<p><b>Тема 9. Кристаллохимия органических соединений</b></p> <p>Строение углеводородов. Строение более сложных органических соединений. Органические соединения с гетероатомами. Строение органических соединений с</p>	2	Конспектирование ответов к собеседованию

немолекулярными структурами. Ионные структуры соединений элементов-органогенов. Зависимость характера связи от межатомных расстояний. Пространственные затруднения в молекулах. Конформация.		
--	--	--

### 5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно.

#### Требования к оформлению отчетов по лабораторным работам

Все отчеты по лабораторным работам должны оформляться в тетради в клетку. Отчет должен включать:

- название работы;
- цель и задачи работы;
- краткое теоретическое введение (1–2 страницы);
- задание;
- порядок выполнения работы;
- рисунки предложенных моделей и их подробный анализ;
- вывод по работе;
- список использованной литературы.

Рисунки моделей следует выполнять карандашом с учетом соразмерности их отдельных деталей в аксонометрии или в планиметрии (2–3 проекции). Для особо сложных моделей допускается изображать разные по форме грани по отдельности, не сочленяя их между собой, но обязательно указывая их количество. Одинаковые по величине отрезки и углы следует отмечать общепринятыми знаками. При анализе кристаллических решеток для более наглядного изображения координационных связей частиц и координационных многогранников рекомендуется использовать цветные карандаши. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с принятым

#### Требования к оформлению конспектов по вопросам собеседования

Конспектирование следует проводить в тетради аккуратно, разборчивым почерком. Обязательно должна быть указана тема, номер и формулировка вопроса, по которому представлен ответ. Необходимо конспектировать ответы по всем вопросам данной темы. Ответ должен быть полным по содержанию, содержать рисунки, схемы, реакции, если это необходимо для понимания смысла вопроса.

#### Методические рекомендации к решению задач.

**Задача 1.** Определить вид симметрии, форму, сингонию и категорию куба.

**Решение.**

Куб имеет вид симметрии  $3L_44L_36L_29PC$ , форма простая закрытая, сингония кубическая, категория высшая.

**Задача 2.** С помощью двух перпендикулярных плоскостей получить простую форму и дать полную характеристику.

**Решение.**

Грань 1 отображаем относительно плоскости 1, получаем грань 2. Грани 1 и 2 отображаем относительно плоскости 2, получаем грани 3 и 4. Так как ромбическую призму получили из одной грани, следовательно, это простая форма. Ромбическая призма имеет вид симметрии  $L_22P$ , форма простая открытая, сингония ромбическая, категория низшая.

**Задача 3.** Доказать, что тригональная бипирамида является простой формой.

**Решение.**

Грань 1 поворачиваем вокруг  $L_3$  на 120 градусов, получаем грань 2. Грань 2 поворачиваем вокруг  $L_3$  на 120 градусов, получаем грань 3. Полученную фигуру

поворачиваем вокруг  $L_2$  на 180 градусов, получаем заданный многогранник. Так как тригональную бипирамиду получили из одной грани, следовательно, это простая форма.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки / специальности «Химия» реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся.

### 6.1. Образовательные технологии

**Таблица 5 - Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
<p><b>Тема 1. Общие представления о кристаллах, кристаллическом веществе, свойствах кристаллических веществ</b></p> <p>Свойства кристаллов: анизатропность, однородность, способность к самоограничению, наличие постоянной температуры плавления, симметрия. Симметрия кристаллов как их свойство и метод изучения. Форма кристаллических многогранников. Понятие простой формы. Простые формы кристаллов низшей, средней и кубической (высшей) сингонии. Математическое определение символов грани. Установка кристаллов.</p> <p>Понятие о монокристалле и его производстве. Связь кристаллохимии с другими науками.</p>	Обзорная лекция	Не предусмотрено	Лабораторная работа в мини-группах
<p><b>Тема 2. Основные понятия кристаллохимии</b></p> <p>Структуры алмаза и графита. Простейшие структурные типы соединений AX: хлорида натрия, хлорида цезия, сфалерита (ZnS), вюрцита (ZnS), никелина (арсенида никеля NiS), борнитрида (BN).</p>	Лекция-диалог	Не предусмотрено	Лабораторная работа в мини-группах
<p><b>Тема 3. Факторы, определяющие структуру</b></p>	Обзорная лекция	Не предусмотрено	Лабораторная работа в мини-

<p><b>кристаллов</b>          Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами. Поляризация ионов. Слоистые структуры. Влияние поляризации на структуру кристаллов.</p>			<p>группах</p>
<p><b>Тема 4. Типы химических связей в кристаллах</b>          Металлическая связь. Металлическая решетка. Ионноковалентная связь. Ковалентнометаллическая связь. Полупроводники. Монометаллическая связь.</p>	<p>Обзорная лекция</p>	<p>Не предусмотрено</p>	<p>Лабораторная работа в мини-группах</p>
<p><b>Тема 5. Зависимость физико-химических свойств кристаллов от их строения</b>          Влияние водородной связи на физико-химические свойства вещества. Эффект экранирования ионов. Зависимость физико-химических свойств кристалла от реальной структуры.</p>	<p>Проблемная лекция</p>	<p>Не предусмотрено</p>	<p>Лабораторная работа в мини-группах</p>
<p><b>Тема 6. Строение реального кристалла</b>          Идеальный и реальный кристалл. кристаллическое и аморфное состояние. Отклонение внешней формы реальных кристаллов от идеальных геометрических законов.</p>	<p>Обзорная лекция</p>	<p>Не предусмотрено</p>	<p>Лабораторная работа в мини-группах</p>
<p><b>Тема 7. Кристаллохимические закономерности в периодической системе</b>          Классификация химических соединений. Классификация двойных (бинарных) и более сложных химических соединений. Кристаллохимическая систематика химических соединений.</p>	<p>Обзорная лекция</p>	<p>Не предусмотрено</p>	<p>Лабораторная работа в мини-группах</p>
<p><b>Тема 8. Химия неорганических соединений</b>          Кристаллохимия силикатов. Основные черты строения силикатов. Структурные</p>	<p>Обзорная лекция</p>	<p>Не предусмотрено</p>	<p>Лабораторная работа в мини-группах</p>

<p>формулы силикатов. Элементы, имитирующие кремний в силикатах. Важнейшие катионы и анионы в силикатах. Плотнейшие упаковки в силикатах. Изоморфизм в классе силикатов. Зависимость физических свойств силикатов от их структуры. Кристаллохимия боратов.</p>			
<p><b>Тема 9. Кристаллохимия органических соединений</b>          Строение углеводородов. Строение более сложных органических соединений. Органические соединения с гетероатомами. Строение органических соединений с немолекулярными структурами. Ионные структуры соединений элементов-органогенов. Зависимость характера связи от межатомных расстояний. Пространственные затруднения в молекулах. Конформация.</p>	Обзорная лекция	Не предусмотрено	Лабораторная работа в мини-группах

## 6.2. Информационные технологии

– использование возможностей интернета в учебном процессе (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление обучающихся с оценками и т.д.);

– использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронных библиотек, журналов и т.д.) как источников информации;

– использование возможностей электронной почты преподавателя;

– использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т.д.);

– использование интегрированных образовательных сред, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т.е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс);

использование виртуальной обучающей среды (LMS Moodle «Электронное образование»)

## 6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### 6.3.1. Программное обеспечение

- Adobe Reader. Программа для просмотра электронных документов
- Платформа дистанционного обучения LMS Moodle. Виртуальная обучающая среда
- Mozilla FireFox. Браузер

- Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013. Пакет офисных программ
- 7-zip. Архиватор
- Microsoft Windows 7 Professional. Операционная система
- Kaspersky Endpoint Security. Средство антивирусной защиты
- Google Chrome. Браузер
- OpenOffice. Пакет офисных программ
- Opera. Браузер
- Paint .NET. Растровый графический редактор

### 6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем». <https://library.asu-edu.ru>

2.Электронный каталог «Научные журналы АГУ»: <http://journal.asu-edu.ru/>

3.Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО "ИВИС". <http://dlib.eastview.com> *Имя пользователя: AstrGU*  
*Пароль: AstrGU*

4.Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) - сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. Участники проекта предоставляют друг другу электронные копии отсканированных статей из книг, сборников, журналов, содержащихся в фондах их библиотек. <http://mars.arbicon.ru>

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств.

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Кристаллохимия» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

**Таблица 6 - Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств**

Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции-	Наименование оценочного средства
Тема 1. Общие представления о кристаллах, кристаллическом веществе, свойствах кристаллических веществ	ПК-3	Рейтинговая контрольная работа 1 Тестовый контроль Собеседование Лабораторная работа 1
Тема 2. Основные понятия кристаллохимии	ПК-3	Тестовый контроль Собеседование Лабораторная работа 2

Тема 3. Факторы, определяющие структуру кристаллов	ПК-3	Собеседование
Тема 4. Типы химических связей в кристаллах	ПК-3	Собеседование
Тема 5. Зависимость физико-химических свойств кристаллов от их строения	ПК-3	Рейтинговая контрольная работа <sup>2</sup> Собеседование
Тема 6. Строение реального кристалла	ПК-3	Собеседование Лабораторная работа 3
Тема 7. Кристаллохимические закономерности в периодической системе	ПК-3	Собеседование
Тема 8. Химия неорганических соединений	ПК-3	Собеседование
Тема 9. Кристаллохимия органических соединений	ПК-3	Собеседование

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

**Таблица 7 - Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументировано отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 8 - Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые

	выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задание

### 7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

#### Тема 1. Общие представления о кристаллах, кристаллическом веществе, свойствах кристаллических веществ

##### *Вопросы для собеседования*

1. Понятие о кристаллическом веществе.
2. Основные свойства кристалла.
3. Кристалл и кристаллическое вещество.
4. Кристаллография и связь с другими науками.
5. Закон постоянства двугранных углов.
  - 5.1. Установление закона.
  - 5.2. Методы измерения кристаллов.
  - 5.3. Методы вычисления кристаллов.
  - 5.4. Отклонения от закона о постоянстве граничных углов, их причины. Современная формулировка закона.
  - 5.5. Современные методы измерения двугранных углов.
6. Понятие о симметрии. Элементы симметрии.
7. Сложение элементов симметрии.
  - 7.1 1-я теорема.
  - 7.2. 2-я теорема.
  - 7.3. 3-я теорема
  - 7.4. Вывод 27 видов симметрии.
8. 4-я теорема и вывод 5 видов симметрии.
9. Систематика видов симметрии. Категории. Сингонии.
10. Форма кристаллических многогранников.
  - 10.1. Понятие простой формы (вывод, доказательство).
  - 10.2. Простые формы низшей сингонии.
  - 10.3. Простые формы средней сингонии.
  - 10.4. Простые формы кубической сингонии.
  - 10.5. Возможные грани. Двойники и закономерные сростки.
11. Закон целых чисел. Понятие об индексах символов граней.

##### *Тестовый контроль*

##### **Вариант №1**

#### **1. Вид симметрии $L_6L_27PC$ имеет**

- 1) гексагональная бипирамида
- 2) комбинация гексагональной призмы с пинакоидом
- 3) гексагональная призма

- 4) гексагональная пирамида
- 5) комбинация тетрагональной призмы и бипирамиды

**2. Вид симметрии  $L_44L_25PC$  имеет**

- 1) тетрагональная бипирамида
- 2) комбинация тетрагональной призмы с пинакоидом
- 3) тетрагональная призма
- 4) тетрагональная пирамида
- 5) комбинация гексагональной призмы и бипирамиды

**3. К какой категории относится**

- 1) моноэдр
- 2) пинакоид
- 3) гексагональная пирамида
- 4) гексагональная призма

**4. К какой категории относится**

- 1) тетраэдр
- 2) куб
- 3) гексагональная пирамида
- 4) гексагональная призма

**5. К какой категории относится**

- 1) гексагональная пирамида
- 2) гексагональная призма
- 3) тетраэдр
- 4) куб

**6. К какой категории относится**

- 1) тетраэдр
- 2) ромбоэдр
- 3) гексагональная пирамида
- 4) гексагональная призма

**7. К какой категории относится**

- 1) ромбический додекаэдр
- 2) гексагональная пирамида
- 3) комбинация тетрагональной призмы с пинакоидом
- 4) комбинация гексагональной призмы с бипирамидой

**8. К какой сингонии относится**

- 1) тетраэдр
- 2) гексагональная пирамида
- 3) тетрагональная бипирамида
- 4) ромбическая призма

**9. К какой сингонии относится**

- 1) гексагональная пирамида
- 2) тетраэдр
- 3) тетрагональная бипирамида
- 4) тригональная призма

**10. К какой сингонии относится**

- 1) тетрагональная бипирамида
- 2) тетраэдр
- 3) гексагональная пирамида
- 4) гексагональная призма

**11. Установите соответствие между видом симметрии и многогранником**

- |                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| 1 $L_44L_25PC$      | А тригональная бипирамида    |
| 2 $L_66L_27PC$      | Б: ромбический додекаэдр     |
| 3 $L_33L_24P$       | В: тетрагональная бипирамида |
| 4 $3L_44L_36L_29PC$ | Г: гексагональная бипирамида |

**12. Точки решетки, соответствующие либо нейтральным атомам, либо заряженным ионам или группам атомов (молекулам) в кристалле, называются \_\_\_\_\_.**

**Вариант №2**

**1. Вид симметрии  $L_33L_24P$  имеет**

- 1) комбинация тригональной призмы с пинакоидом
- 2) комбинация тригональной призмы и бипирамиды

- 3) тригональная призма
- 4) тригональная пирамида
- 5) тригональная бипирамида

**2. Вид симметрии  $L_6P$  имеет**

- 1) гексагональная призма
- 2) гексагональная пирамида
- 3) гексагональная бипирамида
- 4) комбинация гексагональной призмы с пинакоидом
- 5) комбинация гексагональной призмы и бипирамиды

**3. К низшей категории относится**

- 1) ромбическая пирамида
- 2) тетраэдр
- 3) тригональная призма
- 4) куб

**4. К высшей категории относится**

- 1) тетраэдр
- 2) ромбический додекаэдр
- 3) гексагональная пирамида
- 4) гексагональная призма

**5. К средней категории относится**

- 1) гексагональная пирамида
- 2) пинакоид
- 3) диэдр
- 4) куб

**6. К открытым формам относится**

- 1) гексагональная пирамида
- 2) гексагональная призма
- 3) тетраэдр
- 4) тригональная бипирамида

**7. К закрытым формам относится**

- 1) ромбическая бипирамида
- 2) тетрагональная призма
- 3) гексагональная пирамида
- 4) ромбическая призма

**8. К кубической сингонии относится**

- 1) ромбический додекаэдр
- 2) гексагональная пирамида
- 3) гексагональная призма
- 4) ромбическая бипирамида

**9. К тригональной сингонии относится**

- 1) тригональная призма
- 2) тетраэдр
- 3) гексагональная пирамида
- 4) тетрагональная бипирамида

**10. К ромбической сингонии относится**

- 1) диэдр
- 2) тетраэдр
- 3) гексагональная пирамида
- 4) тригональная призма

**11. Установите соответствие между сингонией и наличием осей симметрии**

- 1) гексагональная сингония                      А  $L_2$
- 2) тетрагональная сингония                    Б  $L_4$
- 3) тригональная сингония                      В  $L_6$
- 4) ромбическая сингония                      Г  $L_3$

**12. Наука – о кристаллах \_\_\_\_\_.**

***Лабораторная работа 1***

**Определение характеристики многогранников**

В природной среде среди минералов преобладают минералы кристаллического строения. Многие минералы благодаря закономерному расположению атомов образуют хорошо выраженные природные многогранники – кристаллы.

Среди минералов кристаллического строения обнаруживается симметрия. В отличие от симметрии в живой природе она называется кристаллической симметрией. Наиболее отчетливо симметрия кристаллов обнаруживается в их геометрической форме. Наличие симметрии в кристаллах легко заметить, если: 1) рассечь минерал плоскостью, 2) вращать его вокруг определенной оси, 3) сопоставить расположение элементов ограничения кристалла (граней, ребер, углов) относительно точки, лежащей в центре кристалла.

Данная разработка преследует цель научить студентов определять элементы симметрии кристаллов и по их совокупности – вид симметрии.

*Работа с набором макетов кристаллов:*

1. Определение на макете наличия или отсутствия центра симметрии кристалла и запись его обозначения – «С».
  2. Определение осей симметрии и их порядка. Например, оси симметрии 2-го порядка обозначают  $L_2$  и подсчитывают их количество. То же следует сделать в отношении осей симметрии 3-го, 4-го и 6-го порядков ( $L_3, L_4, L_6$ ), например:  $L_6, 4L_3, 3L_2$  и т. д.
  3. Определение на макетах кристаллов плоскости симметрии. Плоскость симметрии обозначают заглавной буквой латинского алфавита «Р», подсчитывают их общее количество и записывают в тетрадь, например:  $2P, 9P, 6P$  и т. д.
- После определения всех элементов симметрии в макетах кристаллов запись общей формулы кристалла, например:  $L_22P$  или  $3L_23PC$ .
4. Определение вида симметрии по таблице 1. Например, по формуле  $L_33L_23PC$  относят кристалл к 13-му виду симметрии, а при наличии формулы  $L_66L_27PC$  – к 25-му виду симметрии.
  5. Определение простых форм кристаллов семи сингоний. (простая или комбинация; открытая или закрытая)
  6. Определение сингонии и категории по таблицам 1 и 2
  7. Заполнение таблицы

№	Название многогранника	Вид симметрии	Форма	Сингония	Категория

Приложение:

Таблица 1. 32 вида симметрии

Категории	Сингонии	Виды симметрии							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Низшая	Триклинная	-	C						
	Моноклинные			P	$L^2$	$L^2PC$			
	Ромбическая			$L^22P$	$3L^2$	$3L^23PC$			
Средняя	Тригональная	$L^3$	$L^3C$	$L^33P$	$L^33L^2$	$L^33L^23PC$			
	Тетрагональная	$L^4$	$L^4PC$	$L^44P$	$L^44L^2$	$L^44L^25PC$	$L_i = L^2$	$L_i (= L^2) 2L^22P$	
	Гексагональная	$L^6$	$L^6PC$	$L^66P$	$L^66L^2$	$L^66L^27PC$	$L_i = L^3P$	$L_i 3L^23P = L^33L^24P$	
Высшая	Кубическая	$4L^33L^2$	$4L^33L^23PC$	$4L^33L^2(3L_i)6P$	$3L^44L^36L^2$	$3L^44L^36L^29PC$			

Таблица 2. Сравнительная характеристика сингоний

Количество элементов симметрии	Категории и сингонии						
	высшая категория	средняя категория			низшая категория		
	кубическая	гексагональная	тетрагональная	тригональная	ромбическая	моноклиная	триклинная
Минимум элементов симметрии, необходимый и достаточный для отнесения кристалла к данной сингонии	Более одной оси высшего наименования*	Только одна ось высшего наименования			Ни одной оси высшего наименования. Обязательно присутствуют:		
		$L^6$	$L^4$	$L^3$	более одной $L^2$ или более одной $P$	$L^2$ или $P$	нет элементов симметрии
Максимум элементов симметрии, возможный в каждой сингонии	$3L^4 4L^3 6L^2 9PC$	$L^6 6L^2 7PC$	$L^4 4L^3 5PC$	$L^6 3L^2 3PC$	$3L^2 3PC$	$L^2 PC$	$C$

### Задание по лабораторной работе (работа в парах)

Первый этап – сформулировать.

Студенты самостоятельно изучают лекционные записи и материал данных в учебниках, формулируют свои ответы на заданные вопросы.

Второй этап – поделиться.

Студенты объединяются в пары и по очереди представляют друг другу свои решения, определяя и обсуждая класс симметрии, форму, сингонию и категорию многогранника.

Третий этап – создать. Студенты вместе создают новое решение с учетом результатов обсуждения, которое включает в себя лучшие идеи.

Четвертый этап – проверить.

Работает вся группа. Несколько пар предоставляют свой отчет на заданные вопросы. Ошибки и спорные вопросы становятся началом коллективного обсуждения. Все студенты проверяют свои решения, вносят исправления, пояснения и дополнения.

### Контрольная работа 1.

#### Вариант № 1

1. Определить вид (класс) симметрии, форму, сингонию, категорию тетраэдра.
2. Доказать, что тригональная бипирамида является простой формой.
3. С помощью  $L_2$  получить простую форму, дать ей полную характеристику.
4. Доказать, что тетрагональная бипирамида и октаэдр относятся к разным категориям.
5. Какие формы можно получить, если даны  $L_6$  и  $6L_2$   $L_6$ .
6. Сложение элементов симметрии. 3-я теорема.
7. Возможные грани. Двойники и закономерные сростки.

#### Вариант № 2

1. Определить вид (класс) симметрии, формулу, сингонию, категорию комбинации гексагональной призмы с пинакоидом.
2. Доказать, что куб является простой формой.
3. С помощью  $L_4$  получить простую форму, дать ей полную характеристику.
4. Доказать, что ромбододекаэдр и октаэдр относятся к одной категории.
5. Какие формы можно получить, если даны  $L_3$  и  $P$   $L_3$ .
6. Сложение элементов симметрии. 2-я теорема.
7. Закон целых чисел. Понятие об индексах символов граней.

### Тема 2. Основные понятия кристаллохимии

#### Вопросы для собеседования

1. Геометрическая теория структуры кристалла.

2. Понятие кристаллической решетки.
3. Кристаллический многогранник и решетка кристалла.
4. Трансляция.
5. Плоские сетки решетки, их симметрия.
6. 14 решеток Бравэ.
7. Понятие о кристаллохимическом анализе.
8. Теория структуры кристаллов Федорова, Шенфли.
9. Первые определения атомных структур кристаллов. Определение межплоскостных расстояний в кристаллах
10. 3 простейшие структуры чистых металлов. Определение структуры кубического кристалла.
11. Число атомов, приходящихся на 1 ячейку.
12. Число правильных систем точек в структуре.
13. Структура кристалла и структурный тип.
14. Структура алмаза и графита.
15. Простейшие структуры соединений типа AX: NaCl, CsCl, сфалерит - ZnS, вюрцит - ZnS, NiAs, BN.
16. Координационное число и координационный многогранник.
17. Простейшие структуры соединений типа: AX<sub>2</sub>, A<sub>2</sub>X: флюорит - CaF<sub>2</sub>, рутил – TiO<sub>2</sub>, кристобалит – SiO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, пирит- FeS<sub>2</sub>.
18. Классификация структур по КЧ.
19. Структуры с параметрами и без параметров. Вычисление межатомных расстояний и валентных углов в структурах.

### *Тестовый контроль*

#### **Вариант №1**

#### **1. Координационное число (6, 3) имеет**

- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1) рутил TiO <sub>2</sub>         | 2) кристоболит SiO <sub>2</sub> |
| 3) углекислый газ CO <sub>2</sub> | 4) пирит FeS <sub>2</sub>       |

#### **2. Координационный многогранник кубооктаэдр имеет**

- |            |          |             |          |
|------------|----------|-------------|----------|
| 1) серебро | 2) алмаз | 3) сфалерит | 4) калий |
|------------|----------|-------------|----------|

#### **3. Медь имеет ячейку Бравэ**

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1) примитивный куб         | 2) базоцентрированный куб |
| 3) гранецентрированный куб | 4) гексагональную         |

#### **4. Две правильные системы точек эквивалентные друг другу имеет**

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1) графит         | 2) хлорид цезия |
| 3) арсенид никеля | 4) сфалерит     |

#### **5. 4 атома на одну ячейку имеет**

- |           |            |          |          |
|-----------|------------|----------|----------|
| 1) магний | 2) платина | 3) литий | 4) алмаз |
|-----------|------------|----------|----------|

#### **6. Формульную единицу равную 4 на одну ячейку имеет**

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 1) хлорид натрия | 2) хлорид цезия |
| 3) нитрид бора   | 4) флюорит      |

#### **7. Слоистую структуру имеет**

- |             |           |                 |          |
|-------------|-----------|-----------------|----------|
| 1) сфалерит | 2) графит | 3) иодид кадмия | 4) пирит |
|-------------|-----------|-----------------|----------|

#### **Вариант №2**

#### **1. Координационное число (4,2) имеет**

- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1) рутил TiO <sub>2</sub>         | 2) кристоболит SiO <sub>2</sub> |
| 3) углекислый газ CO <sub>2</sub> | 4) пирит FeS <sub>2</sub>       |

#### **2. Координационный многогранник гексагональный кубооктаэдр имеет**

- 1) серебро                    2) алмаз                    3) магний                    4) калий

**3.  $\alpha$ -железо имеет ячейку Бравэ**

- 1) примитивный куб                    2) базоцентрированный куб  
3) гранецентрированный куб                    4) гексагональную

**4. Две правильные системы точек неэквивалентные друг другу имеет**

- 1) графит                    2) хлорид цезия  
3) арсенид никеля                    4) сфалерит

**5. 6 атома на одну ячейку имеет**

- 1) магний                    2) платина                    3) литий                    4) алмаз

**6. Формульную единицу равную 1 на одну ячейку имеет**

- 1) хлорид натрия                    2) хлорид цезия  
3) нитрид бора                    4) флюорит

**7. Слоистую структуру имеет**

- 1) сфалерит                    2) нитрид бора                    3) иодид кадмия                    4) пирит

***Лабораторная работа 2***

**Определение структур простых и сложных веществ**

*Содержание работы.*

1. Описать структуры простых веществ (тип решетки, число атомов на одну ячейку, количество правильных систем точек (их эквивалентность), КЧ, КМ, трансляция): медь,  $\alpha$ -железо, магний, графит, алмаз.

2. Описать простейшие структуры соединений типа AX (тип решетки, число формульных единиц на одну ячейку, количество правильных систем точек (их эквивалентность), КЧ, КМ, трансляция):

NaCl, CsCl, сфалерит - ZnS, вюрцит - ZnS, NiAs, BN.

3. Описать простейшие структуры соединений типа: AX<sub>2</sub>, A<sub>2</sub>X (тип решетки, число формульных единиц на одну ячейку, количество правильных систем точек (их эквивалентность), КЧ, КМ, трансляция):

флюорит – CaF<sub>2</sub>, рутил – TiO<sub>2</sub>, кристобалит – SiO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, пирит- FeS<sub>2</sub>

4. Описание оформить в виде таблицы

Задание по лабораторной работе

Групповые практические задания:

(работа в группах по 3-4 человека)

Докладчики представляют основной доклад по своему вопросу:

1. теория структуры кристаллов Федорова
2. первое определение атомных структур кристаллов
3. три простейшие структуры чистых металлов
4. структурный тип простых веществ
5. структурный тип веществ типа AX, AX<sub>2</sub>, A<sub>2</sub>X

Докладчик обосновывает свою позицию.

Содокладчик отвечает на вопросы представителей других групп по представленному докладу, отстаивает позицию своей группы.

Оппонент кратко пересказывает позицию докладчика из другой группы, находит ее уязвимые, спорные места или ошибки, задает вопросы представителям других групп.

Эксперт оценивает работу каждого участника.

**Тема 3. Факторы, определяющие структуру кристаллов**

***Вопросы для собеседования***

1. Факторы, определяющие структуру кристаллов:
2. Эффективные радиусы ионов.
3. Определение ионных и атомных радиусов.
4. Закономерности в изменении ионных радиусов химических элементов в ПС.
5. Геометрические пределы устойчивости структур с различными КЧ.
6. Поляризация ионов, коэффициент деформируемости: закономерности в изменении поляризационной активности ионов в ПС, влияние поляризации на значение КЧ в кристаллах и их структуру.
7. Зависимость размеров атомов и ионов в кристаллах от КЧ, структурный тип перовскита.
8. Слоистые структуры.
9. Влияние поляризации на структуру кристаллов, правило Гольдшмита.

#### **Тема 4. Типы химических связей в кристаллах**

##### ***Вопросы для собеседования***

1. Типы химических связей в кристаллах.
2. Ионная связь. Строение ионных кристаллов. Энергия решетки ионных кристаллов (Г. Новиков «Основы общей химии»).
3. Ковалентная связь:
4. Структура простых веществ с ковалентной связью. Правило Юм-Розери. Проявление характерных свойств ковалентной связи в кристаллах (насыщенность, направленность и т. д.).
5. Структура бинарных и более сложных соединений. Правило образования кристаллических структур сложного соединения с ковалентной связью (Пирсон, 1964).
6. Система тетраэдрических ковалентных радиусов. Закономерности в изменении ковалентных радиусов элементов в ПС. Понятие о Ван-дер-ваальсовой сфере. Остаточная (Ван-дер-ваальсовая) связь в кристаллах. Энергия решетки кристалла с Ван-дер-ваальсовой связью.
7. Металлическая связь. Её характерные свойства.
8. Зонная теория кристаллов с металлической связью. Энергетический спектр в Ме кристаллах.
9. Некоторые физические свойства Ме в свете зонной теории.
10. Энергия решетки Ме кристалла.
11. Электронная эмиссия пограничного слоя Ме.
12. Промежуточные типы связей: водородная, ионно-ковалентная, ковалентно-металлическая, ионно-металлическая.
13. Полупроводники.
14. Геометрический характер структуры.
15. Гомодесмические и гетеродесмические структуры кристалла.
16. Структурные мотивы: координационный, островной, цепочечный, слоистый, каркасный.
17. Теория плотнейшей упаковки в кристалле.
18. Описание кристаллических структур, построенных по закону плотнейшей упаковки.

#### **Тема 5. Зависимость физико-химических свойств кристаллов от их строения**

##### ***Вопросы для собеседования***

1. Как и почему будут изменяться оптические свойства ( $n$ ,  $R_m$ , прозрачность) у кристаллических веществ  $\text{NaF}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaBr}$ ,  $\text{NaI}$ . Расположить в порядке убывания  $n$ ,  $R_m$ .
2. Как и почему будут изменяться оптические свойства ( $n$ ,  $R_m$ , прозрачность) у кристаллических веществ  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{SiCl}_4$ . Расположить в порядке убывания  $n$ ,  $R_m$ .

3. Как и почему будут изменяться оптические свойства ( $n$ ,  $R_m$ , прозрачность) у кристаллических веществ  $K_2O$ ,  $K_2S$ ,  $K_2Se$ ,  $K_2Te$ . Расположить в порядке убывания  $n$ ,  $R_m$ .
4. Влияние коэффициента деформируемости на оптические свойства кристаллов.
5. Как и почему будут изменяться оптические свойства ( $n$ ,  $R_m$ , прозрачность) у кристаллических веществ  $MgS$ ,  $BaS$ ,  $CaTe$ ,  $CaO$ . Расположить в порядке убывания  $n$ ,  $R_m$ .
6. Объясните наблюдаемую закономерность:

LiI	NaI	KI	RbI	CsI
11	10	7,6	6,5	1,7
<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> <b>растворимость</b>				

7. LiI, NaBr, NaI, LiCl отличаются достаточно большой растворимостью, объяснить этот факт с точки зрения предельных отношений радиусов иона, учитывая, что все они кристаллизуются в структурном типе NaCl.
8. KF, RbF, CsF кристаллизуются в структурном типе NaCl. Объяснить с точки зрения предельных отношений  $r_a:r_x$  их повышенную растворимость.
9. Как объяснить такую закономерность в изменении растворимости:

NaF	AlCl <sub>3</sub>	TiCl <sub>4</sub>
1,0	6,0	хорошо растворим
10. Как объяснить закономерности в изменении растворимости сульфатов Ca, Sr, Ba?

CaSO <sub>4</sub>	SrSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>
<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> <b>изменение растворимости</b>		

### **Контрольная работа 2.**

#### **Вариант № 1**

1. Рассчитать энергию кристаллической решетки (цикл Борна-Габера)  $CaCl_2$ .
2. Обосновать координационные числа  $Sn^{2+}$  и  $Sn^{4+}$  в их хлоридных комплексах в кристаллическом состоянии.
3. Проверить справедливость правила Пирсона для кристалла сфалерита  $ZnS$ .
4. Как объяснить закономерности в изменении растворимости сульфатов Ca, Sr, Ba?

CaSO <sub>4</sub>	SrSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>
<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> <b>изменение растворимости</b>		

5. Охарактеризовать структурный тип рутила

#### **Вариант № 2**

1. Рассчитать энергию кристаллической решетки, исходя из электростатической модели для кристаллов NaBr.
2. Обоснуйте координационные числа  $Hg^{2+}$  в бромидных комплексах в кристаллических соединениях
3. Проверить справедливость правила Пирсона для кристалла сфалерита  $FeS_2$ .
4. Как объяснить такую закономерность в изменении растворимости:

NaF	AlCl <sub>3</sub>	TiCl <sub>4</sub>
1,0	6,0	хорошо растворим
5. Охарактеризовать структурный тип алмаза.

### **Тема 6. Строение реального кристалла**

#### **Вопросы для собеседования**

1. Понятие о кристаллических и аморфных телах и о степени упорядоченности.
2. Отклонения внешней формы кристаллов от идеальных геометрических законов.
3. Точечные дефекты в металлических кристаллах.

4. Точечные дефекты в ионных кристаллах .
5. Точечные дефекты в кристаллах с ковалентными и ван-дер-ваальсовыми связями.
6. Точечные дефекты, связанные с присутствием примесных атомов.
7. Понятие о дислокации. Линейная дислокация, причины ее возникновения.
8. Дислокация винтовая (спиральная), причины ее возникновения. Криволинейная дислокация.
9. Движение дислокаций и причины этого явления.
10. Влияние дислокации на прочность материалов и методы обнаружения дефектов кристаллов.
11. Зависимость полупроводниковых свойств кристаллов от их реальной структуры.
12. Оптические свойства реальных кристаллов.
13. Анизотропия реальных кристаллов.

### **Лабораторная работа 3**

#### **Выращивания кристаллов из водных растворах**

1. По справочнику определить растворимость выбранной соли (при выбранной температуре, например 60 °С, согласно проекту).
2. Взвесить навеску для приготовления насыщенного раствора.
3. Растереть соль в ступке.
4. Приготовить насыщенный раствор.
5. Отфильтровать приготовленный раствор в емкость для выращивания кристалла.
6. Опустить затравку, выбранную согласно проекту.
7. Поставить емкость в условия соответствующие проекту для выращивания кристалла (температура окружающей среды, освещенность и т.д.).
8. Дать характеристику выращенному кристаллу. Теоретически обоснуйте отклонение внешней формы реальных кристаллов от идеальных геометрических законов.

#### **Задание по лабораторной работе**

##### **«Определение оптимальных условий для выращивания кристаллов из водных растворах»**

1. Изучение способов выращивания кристаллов в лабораторных условиях.
2. Разбивка студентов на мини группы (2-3 человека). Формирование нового знания, связанного с решением студентами познавательной задачи по выбору оптимальных условий для выращивания кристаллов различных солей из водных растворов в лабораторных условиях.
3. Защита учебного проекта после проведения лабораторной работы.

### **Тема 7. Кристаллохимические закономерности в периодической системе**

#### **Вопросы для собеседования**

1. Кристаллические структуры истинных металлов. Наиболее распространенные типы структур металлов.
2. Особенности структурных типов  $\gamma$  – *Mn, Hg и Zn*.
3. Кристаллические структуры элементов главных подгрупп IV-VII групп. Правило Юм-Розери и координационное число атомов в этих структурах.
4. Кристаллические структуры металлических элементов IIIA и IVA групп.
5. Кристаллические структуры благородных газов.
6. Как распределяются элементы по подгруппам в периодической системе с учетом их кристаллохимических свойств?

7. Каков принцип классификации бинарных и более сложных соединений с точки зрения кристаллохимии?

## **Тема 8. Химия неорганических соединений**

### ***Вопросы для собеседования***

1. Рассмотреть возможные варианты (подходы) классификации бинарных соединений.
2. Как классифицируются тройные и более сложные неорганические соединения с точки зрения координационных чисел атомов, комплексов-радикалов, симметрии?
3. Правило Полинга для структур ионных кристаллов.
4. Кристаллохимические особенности структур с преимущественно ковалентным типом связи.
5. Особенности строения силикатов разного типа.
6. Важнейшие катионы и анионы в силикатах.
7. В чем суть явления изоморфизма в силикатах, причины его возникновения?
8. Зависимость физических свойств силикатов от их структуры.
9. Особенности кристаллических структур боратов. Кристаллохимическая классификация боратов.

## **Тема 9. Кристаллохимия органических соединений**

### ***Вопросы для собеседования***

1. Ковалентные и Ван-дер-Ваальсовы радиусы неметаллических элементов.
2. Строение простейших молекул и комплексных ионов. Валентные углы.
3. Применение принципа плотнейших упаковок к молекулярным кристаллам. Симметрия молекулярных кристаллов.
4. Строение метана и парафиновых углеводородов.
5. Строение органических соединений с немолекулярными структурами.
6. В чем особенность ионных структур соединений элементов органоидов?
7. Зависимость характера связи в кристаллах органических соединений от межатомных расстояний.
8. Конформации молекул и влияние конформационных искажений на геометрические и энергетические параметры сложных органических молекул и кристаллов.

### **Перечень вопросов и заданий, выносимых на зачет**

1. Определить вид (класс) симметрии, формулу, сингонию, категорию октаэдра.
2. Какие формы можно получить, если даны  $L_3$  и  $P L_3$ .
3. Доказать, что тетраэдр является простой формой.
4. Какие формы можно получить, если даны  $L_6$  и  $P L_6$ .
5. С помощью  $L_4$  получить простую форму, дать ей полную характеристику.
6. Доказать, что ромбическая и тетрагональная призма относятся к разным категориям.
7. Доказать, что куб является простой формой.
8. Какие формы можно получить, если даны  $L_6$  и  $6L_2 L_6$ .
9. Определить вид (класс) симметрии, форму, сингонию, категорию ромбододекаэдра.
10. Доказать, что тригональная бипирамида является простой формой.
11. С помощью  $2L_3$  получить простую форму, дать ей полную характеристику.
12. Доказать, что ромбододекаэдр и октаэдр относятся к одной категории.
13. Определить вид (класс) симметрии, форму, сингонию, категорию тетраэдра.

14. Доказать, что тригональная, тетрагональная и гексагональная пирамиды относятся к одной категории.
15. Доказать, что ромбическая призма является простой формой.
16. С помощью  $L_2$  получить простую форму, дать ей полную характеристику.
17. Какие формы можно получить, если даны  $2L_4$ , перпендикулярные друг другу.
18. Доказать, что тетрагональная бипирамида и октаэдр относятся к разным категориям.
19. Определить вид (класс) симметрии, форму, сингонию, категорию гексагональной пирамиды.
20. Доказать, что ромбододекаэдр является простой формой.
21. С помощью  $L_2P$  получить простую форму, дать ей полную характеристику.
22. Доказать, что октаэдр, тетраэдр и куб относятся к одной категории.
23. Как и почему будут изменяться оптические свойства ( $n$ ,  $R_m$ , прозрачность) у кристаллических веществ NaF, NaCl, NaBr, NaI. Расположить в порядке убывания  $n$ ,  $R_m$ .
24. Как и почему будут изменяться оптические свойства ( $n$ ,  $R_m$ , прозрачность) у кристаллических веществ NaCl, MgCl, AlCl<sub>3</sub>, SiCl<sub>4</sub>. Расположить в порядке убывания  $n$ ,  $R_m$ .
25. Как и почему будут изменяться оптические свойства ( $n$ ,  $R_m$ , прозрачность) у кристаллических веществ K<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>S, K<sub>2</sub>Se, K<sub>2</sub>Te. Расположить в порядке убывания  $n$ ,  $R_m$ .
26. Влияние коэффициента деформируемости на оптические свойства кристаллов.
27. Как и почему будут изменяться оптические свойства ( $n$ ,  $R_m$ , прозрачность) у кристаллических веществ MgS, BaS, CaTe, CaO. Расположить в порядке убывания  $n$ ,  $R_m$ .
28. Объясните наблюдаемую закономерность:

<i>LiI</i>	<i>NaI</i>	<i>KI</i>	<i>RbI</i>	<i>CsI</i>
11	10	7,6	6,5	1,7
$\xrightarrow{\text{растворимость}}$				

29. LiI, NaBr, NaI, LiCl отличаются достаточно большой растворимостью, объяснить этот факт с точки зрения предельных отношений радиусов иона, учитывая, что все они кристаллизуются в структурном типе NaCl.
30. KF, RbF, CsF кристаллизуются в структурном типе NaCl. Объяснить с точки зрения предельных отношений  $r_{a:гх}$  их повышенную растворимость.
31. Как объяснить такую закономерность в изменении растворимости:

NaF	AlCl <sub>3</sub>	TiCl <sub>4</sub>
1,0	6,0	хорошо растворим

32. Как объяснить закономерности в изменении растворимости сульфатов Ca, Sr, Ba?

CaSO <sub>4</sub>	SrSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>
$\xrightarrow{\text{изменение растворимости}}$		

33. Охарактеризовать структуры простых веществ с ковалентной связью.
34. Охарактеризовать структурный тип алмаза.
35. Охарактеризовать структурный тип рутила.
36. Какие координационные числа проявляет Ni в его аквакомплексах. Дать обоснование.
37. Обоснуйте координационные числа Hg<sup>2+</sup> в бромидных комплексах в кристаллических соединениях.
38. Какова закономерность в изменении структурных типов, координационные числа и свойств флюорита, Ca(OH)<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>. Чем она объясняется?
39. Обосновать координационные числа Sn<sup>2+</sup> и Sn<sup>4+</sup> в их хлоридных комплексах в кристаллическом состоянии.
40. Проверить справедливость правила Пирсона для кристалла сфалерита ZnS.

41. Охарактеризовать структурный тип флюорита.
42. Охарактеризовать структурный тип хлорида натрия.
43. Охарактеризовать структурный тип магния.
44. Охарактеризовать структурный тип никелина
45. Охарактеризовать структурный тип кристобалита
46. Энергия кристаллов с Ван-дер-Ваальсовой связью.
47. Влияние эффекта ионного экранирования на свойства веществ.
48. Факторы, влияющие на структуру кристалла. Правило Гольдшмидта.
49. Как объяснить с точки зрения правила Гольдшмидта структуру флюорита и веществ, имеющих аналогичную структуру.
50. Структуры бинарных и других соединений с ковалентной связью. Правило Пирсона.
51. Применить правило Пирсона для  $\text{FeS}_2$ .

**Таблица 9 - Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК-3. Способен готовить объекты исследования (вещества синтетического и природного происхождения, материалы и пр.) и проводить их изучение по заданным методикам				
1.	Задания закрытого типа	<i>Установите соответствие между сингонией и наличием осей симметрии</i> 1. гексагональная сингония 2. тетрагональная сингония 3. тригональная сингония 4. ромбическая сингония А) L <sub>2</sub> б) L <sub>4</sub> в) L <sub>6</sub> г) L <sub>3</sub>	1 – в 2 – б 3 – г 4 – а	3
2.		<i>Укажите правильную последовательность написания класса симметрии:</i> а) плоскость б) ось низшего порядка в) центр симметрии г) ось высшего порядка	г б а в	2
3.		<i>Дополните следующее предложение: «Наука о кристаллах _____».</i>	кристаллохимия	1
4.		<i>Какую простую форму можно получить с помощью 2х L<sub>4</sub>. Выберите один правильный ответ.</i> 1) ромбический додекаэдр 2) тетраэдр 3) октаэдр	3	5
5.	Задание открытого типа	<i>Решите задачу: Докажите, что тригональная бипирамида</i>	Грань 1 поворачиваем вокруг L <sub>3</sub> на 120 градусов,	5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<i>является простой формой.</i>	получаем грань 2. Грань 2 поворачиваем вокруг $L_3$ на 120 градусов, получаем грань 3. Полученную фигуру поворачиваем вокруг $L_2$ на 180 градусов, получаем заданный многогранник. Так как тригональную бипирамиду получили из одной грани, следовательно, это простая форма.	
6.		<i>Решите задачу: Определить вид симметрии, форму, сингонию и категорию куба.</i>	Куб имеет вид симметрии $3L_44L_36L_29PC$ , форма простая закрытая, сингония кубическая, категория высшая.	2
7.		<i>Решите задачу: С помощью двух перпендикулярных плоскостей получить простую форму и дать полную характеристику.</i>	Грань 1 отображаем относительно плоскости 1, получаем грань 2. Грани 1 и 2 отображаем относительно плоскости 2, получаем грани 3 и 4. Так как ромбическую призму получили из одной грани, следовательно, это простая форма. Ромбическая призма имеет вид симметрии $L_22P$ , форма простая открытая, сингония ромбическая, категория низшая.	5
8.		<i>Решите задачу: Проверить справедливость правила Пирсона для кристалла поваренной соли</i>	$\frac{1 + 1 + 7 - 1}{1} = 8$	3
9.	Задания комбинированного типа	<i>Выберите несколько ответов. Вид симметрии <math>L_33L_24P</math> имеет</i>	1,2 1. При повороте данного	8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<p>1) комбинация тригональной призмы с пинакоидом</p> <p>2) комбинация тригональной призмы и бипирамиды</p> <p>3) тригональная призма</p> <p>4) тригональная пирамида</p> <p>5) тригональная бипирамида</p> <p>Свой ответ обоснуйте.</p>	<p>многогранника на 360 градусов мы видим повторение грани 3 раза. Следовательно имеется ось третьего порядка.</p> <p>2. Перпендикулярно главной оси можно провести 3 оси второго порядка, которые пройдут через середину каждого ребра и центр противоположной грани.</p> <p>3. Через каждое ребро призмы можно провести 3 плоскости симметрии. Еще одну плоскость можно провести параллельно пинакоидам, она разделит многогранник пополам.</p>	
10.		<p>Выберите один правильный ответ. Какая призма не относится к средней категории?</p> <p>1) тетрагональная;</p> <p>2) тригональная;</p> <p>3) ромбическая;</p> <p>4) гексагональная.</p> <p>Ответ обоснуйте.</p>	<p>3</p> <p>Тригональная, тетрагональная и гексагональная призмы имеют по одной оси высшего порядка, а ромбическая призма не имеет оси высшего порядка</p>	5

#### 7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Таблица 10 - Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
<b>Основной блок</b>				
1.	Тесты	2/5	10	по расписанию
2.	Лабораторные работы	3/8	24	по расписанию

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
3.	Контрольные работы	<b>2/10</b>	20	по расписанию
4.	Собеседования	<b>9/4</b>	36	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>90</b>	-
<b>Блок бонусов</b>				
5.	<i>Посещение занятий</i>		2	по расписанию
6.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>		5	по расписанию
7.	<i>Активность на занятиях</i>		3	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>10</b>	-
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>	-

**Таблица 11 - Система штрафов (для одного занятия)**

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-1
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-5
<i>Неготовность к занятию</i>	-2
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-2

**Таблица 12 - Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено
Ниже 60		

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **8.1. Основная литература**

1. Основы современного материаловедения [Электронный ресурс] : учебное пособие для средних профессиональных и высших учебных заведений / С. А. Донских, В. Н. Семин; под общ. ред. С. А. Донских. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785449905246.html>

2. Анализ свойств кристаллов (исследовательское направление) [Электронный ресурс] : метод. указания / А. П. Козлова. - Москва : МИСиС, 2020. Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/book/MISIS-2021080832.html>

## 8.2. Дополнительная литература

3. Егоров-Тисменко, Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия: Доп. М-вом образования и науки РФ в качестве учеб. для студентов ВУЗов, обучающихся по специальности «Геология»/ Ю.К. Егоров-Тисменко; Под. ред. В.С. Урусова. – М.: КДУ, 2005. – 592 с. – ISBN 5-98227-095-4: 558-00:558-00 (23 экз.)
4. Кристаллография и кристаллохимия [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Косенко Н.Ф. - Иваново : Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2017. - [http://www.studentlibrary.ru/book/ghtu\\_038.html](http://www.studentlibrary.ru/book/ghtu_038.html) (ЭБС «Консультант студента»)

## 8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». <https://biblio.asu.edu.ru> *Учетная запись образовательного портала АГУ*
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru). *Регистрация с компьютеров АГУ*
3. Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ, раздел «Легендарные книги». [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
4. Электронно-библиотечная система ВООК.ru

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя академическую и специально оборудованную аудитории (лабораторию), доски, проектор, плазменную панель, компьютер, штатив, вытяжной шкаф, плитки электрические, холодильник, набор химических реактивов, набор химической посуды, наглядные пособия (кристаллические решетки простых и сложных веществ, многогранники различных категорий и сингоний).

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).