



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

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

(подпись)

« 5 » февраля

Стоник В.А.  
(Ф.И.О.)

2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой

(подпись)

« 5 » февраля

Стоник В.А.  
(Ф.И.О.)

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
Кристаллохимия  
**Направление подготовки 04.03.01 Химия**  
(профиль «Биоорганическая и медицинская химия»)  
**Форма подготовки очная**

практические занятия 22 час.  
лабораторные работы 34 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 18 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 90 час.  
в том числе с использованием МАО 18 час.  
самостоятельная работа 54 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
контрольные работы 7  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен  
зачет не предусмотрен  
экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 04.03.01 **Химия** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 17 июля 2021г. № 671

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Общей, неорганической и элементоорганической химии, протокол № 5 от « 15 » января 2021 г.

Заведующая кафедрой Общей, неорганической и элементоорганической химии ШЕН  
к.х.н., доцент Капустина А.А.  
Составитель: доцент Тутов М.В.

Владивосток  
2021

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## 1. Цели и задачи дисциплины:

**Цель:** освоение основных понятий и законов кристаллохимии; изучение общих принципов строения кристаллов и классификации кристаллических структур; внешних особенностей кристаллов.

### Задачи:

1. Изучение основных кристаллохимических понятий: координационного числа и координационного полиэдра, структурного типа, изоструктурности, полиморфизма, принципов описания кристаллических структур в терминах шаровых упаковок и кладок.
2. Изучение элементов симметрии и возможных их сочетаний.
3. Изучение понятия о внутреннем строении кристалла как о бесконечном трехмерном образовании.
4. Изучение теории реальных кристаллов и дефектов кристаллических структур.
5. Изучение студентами основы рентгеноструктурного анализа кристаллов, принципов и возможностей данного метода.

В результате освоения дисциплины у студентов формируются следующие общепрофессиональные компетенции:

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные навыки	<b>ОПК-3</b> Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	<b>ОПК-3.1.</b> Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности. <b>ОПК-3.2.</b> Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности
Общепрофессиональные	<b>ОПК-1.</b> Способен анализировать и	<b>ОПК-1.1.</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов,

навыки	интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов <b>ОПК-1.2.</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии <b>ОПК-1.3.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности
--------	--	---

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Кристаллохимия» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: лекция-беседа, проблемная лекция.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
<b>ОПК-3.1.</b> Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности.	<b>знает:</b> области применения теоретических и полуэмпирических моделей для изучения свойств кристаллов
	<b>умеет:</b> определять необходимые теоретические и полуэмпирические модели при выяснении элементов симметрии, точечных групп симметрии, типов упаковки и координационных чисел в кристаллических структурах
	<b>владеет:</b> опытом применения теоретических и полуэмпирических моделей изучения симметрии кристаллов.
<b>ОПК-3.2.</b> Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности	<b>знает:</b> основное стандартное программное обеспечение, необходимое для установления и анализа структуры кристаллов
	<b>умеет:</b> применять основное стандартное программное обеспечение, необходимое для установления и анализа структуры кристаллов
	<b>владеет:</b> опытом интерпретации информации, полученной с использованием стандартного программного обеспечения, необходимого для установления и анализа структуры кристаллов
<b>ОПК-1.1.</b> Систематизирует и анализирует результаты	<b>знает:</b> принципы систематизации и анализа результатов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств кристаллических веществ
	<b>умеет:</b> систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, произведенных над кристаллическими веществами
	<b>владеет:</b> опытом систематизации и анализа результатов химических экспериментов, наблюдений, измерений, произведенных над кристаллическими веществами
<b>ОПК-1.2.</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	<b>знает:</b> методы обобщения и анализа результатов, полученных в ходе изучения физико-химических свойств кристаллов
	<b>умеет:</b> интерпретировать и анализировать информацию, полученную при проведении экспериментов по изучению свойств кристаллических веществ
	<b>владеет:</b> опытом интерпретации результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ по изучению физико-химических свойств кристаллов
<b>ОПК-1.3.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	<b>знает:</b> принципы анализа и обобщения информации, полученной в ходе проведения собственных теоретических и экспериментальных работ по изучению свойств кристаллических веществ
	<b>умеет:</b> формулировать заключения и выводы по результатам собственных теоретических и экспериментальных работ по изучению свойств кристаллических веществ
	<b>владеет:</b> опытом представления заключений и выводов по результатам собственных теоретических и экспериментальных работ по изучению свойств кристаллических веществ

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

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

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
-------------	--

Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

### Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Модуль 1. Введение в кристаллохимию. Основные понятия.	3	12	12	8				УО-1; ПР-2
2	Модуль 2. Основные методы описания и исследования кристаллических структур.	3	14	14	10	-	18	36	
	Модуль 3. Реальные кристаллы.	3	8	8	4				
	Итого:		34	34	22	-	18	36	

## III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (34 часа)

#### Модуль 1. Введение в кристаллохимию. Основные понятия.(12 часов)

**Тема 1. Введение в кристаллохимию (2 часа), в том числе с использованием МАО – лекция – беседа (2 часа).**

Предмет и задачи кристаллохимии. Основные аспекты кристаллохимии: стереохимический, кристаллоструктурный; характеристика химических связей. Общая кристаллохимия (типы химических связей в кристаллах, систематика кристаллических структур, кристаллохимические радиусы атомов.).

Структурный анализ как основной экспериментальный метод кристаллохимии.

Кристаллическая структура и способы ее моделирования. Методы вычисления кристаллов.

**Тема 2. Симметрия молекул и кристаллов (2 часа), в том числе с использованием МАО – лекция – беседа (2 часа).**

Симметрия в природе (симметрия и энтропия). Симметрические преобразования (операции) и элементы симметрии. Группы симметрии и структурные классы. Однородность и дискретность кристаллического пространства. Идеальный кристалл. Кристаллическая решетка.

Систематика видов симметрии.

**Тема 3. Понятие простой формы и стереографической проекции (4 часа), в том числе с использованием МАО – проблемная лекция (2 часа).**

Сtereoграфическая проекция кристаллов. Понятие изоэдра (простой формы). Важнейшие изоэдры.

общая кристаллохимия (типы химических связей в кристаллах, систематика кристаллических структур, кристаллохимические радиусы атомов)

**Тема 4. Симметрия кристаллической решетки (2 час)**

Открытые операции, элементы симметрии и их взаимодействие. Решетки Бравэ. Понятие пространственной (федоровской) группы симметрии. Примеры пространственных групп. Системы эквивалентных позиций (правильные системы точек). Кратность и симметрия позиций.

Понятие о кристаллохимическом анализе.

**Тема 5. Теория плотнейших шаровых упаковок (2 часа) в том числе с использованием МАО – проблемная лекция (2 часа).**

Описание структур в терминах плотных шаровых упаковок. Шаровые упаковки и кладки. Двух- и трехслойная плотнейшие упаковки. Многослойные упаковки. Примитивная и объемноцентрированная кубические кладки. Примитивная гексагональная кладка. Типы пустот в шаровых кладках.

Физический смысл описания структур в терминах шаровых упаковок. Молекулярные упаковки.

Методы изображения структурных типов с помощью многогранников.

## **Модуль 2. Основные методы описания и исследования кристаллических структур.(14 часов)**

### **Тема 6. Факторы, определяющие структуру кристаллов (2 часа)**

Установление различных типов химической связи. Определение эффективных атомных радиусов ионов. Изображение кристаллических структур шарами разных размеров. Геометрические пределы устойчивости структур.

### **Тема 7. Рентгеноструктурный анализ (4 часа), в том числе с использованием МАО – проблемная лекция (4 часа).**

Условия Лауэ и уравнение Брегга-Вульфа. Три метода рентгенографии: вращения, порошка и Лауэ. Фотографический и дифрактометрический методы регистрации дифракционных лучей. Основные этапы анализа структуры кристалла. Определение размеров элементарной ячейки. Установление симметрии структуры; закон центросимметричности дифракционной картины. Основы рентгеноструктурного анализа..

Гармонический метод рентгеноструктурного анализа.

### **Тема 8. Изоморфизм и полиморфизм в кристаллах (2 часа), в том числе с использованием МАО – лекция – беседа (2 часа).**

История открытия. Дорентгеновские работы по изоморфизму и полиморфизму. Структурная классификация типов полиморфизма. Условия, необходимые для проявления изоморфизма. Предел изоморфной замещимости. Морфотропия и полиморфотропия. Изовалентный и гетеровалентный изоморфизм. Изоморфизм с заполнением пространства.

Внутренние твердые растворы. Автоизоморфные вещества.

### **Тема 9. Кристаллохимия бинарных соединений. (2 часа)**

Характеристика ионной связи. Структурные типы, свойственные ионным соединениям (типы  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CsCl}$ ,  $\text{CaF}_2$ ). Энергия ионных структур.

Систематизация структурных типов бинарных соединений  $AХ$ ,  $AХ_2$ ,  $A_2X$  и других на основе модели плотных шаровых упаковок и кладок. Структурные типы, характерные для бинарных соединений непереходных металлов. Структурные типы, характерные для бинарных соединений переходных металлов.

Структурные типы с параметрами и без параметров.

**Тема 10. Кристаллохимия силикатов и органических веществ.(4 часа), в том числе с использованием МАО – лекция – беседа (4 часа).**

Значение силикатов. Основные черты строения (кремнекислородные тетраэдры и их соединение друг с другом). Классификация силикатов. Островные, цепочечные, слоистые и каркасные силикаты. Физические свойства силикатов. Влияние природы и размеров внешнесферных катионов на структуру силикатов. Алюмо- и боросиликаты.

Строение и промышленное использование цеолитов. Органические вещества.

**Модуль 3. Реальные кристаллы. (8 часа)**

**Тема 11. Теория реального кристалла (4 часа)**

Решетка и структура кристалла. Число формульных единиц. Атомные параметры и степени свободы атомов в структуре. Координационное число и координационный полиэдр. Собственная симметрия координационных многогранников, молекул и сложных ионов. Структурные типы и изоструктурность. Полиморфизм.

Зависимость физико-химических свойств кристаллов от реальной структуры.

**Тема 12. Теория роста кристаллов. (2 часа)**

Возникновение зародыша кристалла. Развитие грани. Влияние условий роста кристалла на количество дефектов. Растворение кристаллических агрегатов.

**Тема 13. Методы выращивания кристаллов (2 часа)**

Анизотропия структуры и физических свойств кристалла. Анизотропия скорости роста кристаллов и их способность самоограняться. Закон постоянства углов. Элементы теории кристаллизации и роста кристаллов.

Понятие о дислокациях. Реальные кристаллы и дефекты кристаллических структур. Обобщенная кристаллохимия.

#### **IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

##### **Лабораторные работы (34 час.)**

Интерактивные методы, применяемые на лабораторном практикуме: *Работа в малых группах.*

##### **Лабораторная работа 1. Элементы симметрии кристаллов (4 час.).**

При работе с моделями многогранников изучаются виды, пространственное расположение и взаимное сочетание элементов симметрии.

##### **Лабораторная работа 2. Стереографические проекции (4 час.).**

При работе с моделями многогранников изучаются стереографические проекции и согласование их с элементами симметрии.

##### **Лабораторная работа 3. Сферические проекции (4 час.).**

При работе с моделями многогранников изучаются сферические проекции и согласование их с элементами симметрии.

##### **Лабораторная работа 4. Простые формы (8 час.).**

При работе с моделями многогранников изучаются виды и взаимное сочетание простых форм, образующих многогранники.

##### **Лабораторная работа 5. Типы плотнейших упаковок. Число формульных единиц (8 час.).**

При работе с моделями кристаллических решеток изучаются типы плотнейших шаровых упаковок, формульные единицы и октаэдрические и тетраэдрические пустоты.

##### **Лабораторная работа 6. Рентгенографический анализ кристаллических соединений (4 час.).**

При работе с базой рентгенограмм кристаллических соединений изучаются особенности рентгенографического анализа кристаллических соединений.

##### **Лабораторная работа 7. Рентгенографический анализ аморфных**

**соединений (2 час.).**

При работе с примерами рентгенограмм полимерных соединений, полученных на кафедре общей, неорганической и элементоорганической химии, изучаются особенности рентгенографического анализа аморфных соединений.

### **Практические занятия (22 часа)**

#### **Практическое занятие 1. (4 часа).**

Изучение элементов симметрий. Правила сложения элементов симметрий.

#### **Практическое занятие 2. (2 часа).**

Определение сингоний. Определение сингоний низшей, средней и высшей симметрий.

#### **Практическое занятие 3. (4 часа).**

Точечные группы симметрии. Определение координат сферических проекций.

#### **Практическое занятие 4. (4 часа).**

Классификация простых форм. Простые формы низшей, средней и высшей сингоний.

#### **Практическое занятие 5. (4 часа).**

Плотнейшие шаровые упаковки. Типы пустот в шаровых упаковках.

#### **Практическое занятие 6. (4 часа).**

Рентгеновские методы изучения кристаллов.

### **Задания для самостоятельной работы**

Самостоятельная работа включает подготовку к лабораторным и практическим занятиям и промежуточной аттестации.

#### *Задание на дом к лабораторному занятию №1*

Просмотреть материал лекций, учебники, изучить теоремы о сочетании элементов симметрий и подготовиться к выявлению элементов симметрий на макетах многогранников.

*Задание на дом к лабораторным занятиям №2*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить федоровские группы симметрии и подготовиться к описанию стереографических проекций на макетах многогранников.

*Задание на дом к лабораторному занятию №3*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить метод изображения сферических проекций многогранников и подготовиться к описанию сферических проекций на макетах многогранников.

*Задание на дом к лабораторному занятию №4*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить изображение структурных типов сфалерита и вюрцита и подготовиться к нахождению простых форм на макетах многогранников.

*Задание на дом к лабораторным занятиям №5*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить изображение структурных типов сфалерита и вюрцита, расчет плотнейших шаровых упаковок и подготовиться к определению числа формульных единиц и числа октаэдрических и тетраэдрических пустот на макетах кристаллических решеток.

*Задание на дом к лабораторным занятиям №6-7*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить методы получения рентгенографических изображений, эксперименты и уравнение Брэгга-Вульфа.

Вопросы к лабораторным работам по темам:

Лабораторная 1. Элементы симметрии кристаллов.

- а) Основные элементы симметрии
- б) Инверсионные и зеркально-поворотные оси симметрии
- в) Обозначение элементов симметрии

Лабораторная 2. Стереографические проекции.

- а) Определение сингонии
- б) Сингонии низшей, средней и высшей симметрий

Лабораторная 3. Сферические проекции.

- а) Точечные группы симметрии
- б) Определение координат сферических проекций

Лабораторная 4. Простые формы.

- а) Определение простой формы
- б) Классификация простых форм
- в) Простые формы низшей, средней и высшей сингоний

Лабораторная 5. Типы плотнейших упаковок. Число формульных единиц

- а) Принципы образования гексагональных и кубических плотнейших шаровых упаковок
- б) Типы пустот в шаровых упаковках

Лабораторная 6. Рентгенографический анализ кристаллических соединений.

- а) Схема дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. Условие Лауэ
- б) Вывод уравнения Брэгга-Вульфа
- в) Способы получения дифракционных картин

Лабораторная 7. Рентгенографический анализ аморфных соединений.

- а) Свойства аморфных тел
- б) Отличие рентгенограмм полимеров и кристаллов

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Кристаллохимия» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Кристаллохимия»**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1.	1-3 недели	Подготовка к лабораторной работе, сбор научной информации по теме	2 часа	УО-1. Опрос перед началом занятия. Принятие отчета о выполнении

		Элементы симметрии. Подготовка отчета о проделанной работе, выполнение домашнего задания		лабораторной работы. ПР-2. Контрольная работа
2.	4-6 недели	Подготовка к лабораторной работе, сбор научной информации по теме Стереографические проекции. Подготовка отчета о проделанной работе, выполнение домашнего задания	2 часа	УО-1. Опрос перед началом занятия. Принятие отчета о выполнении лабораторной работы. ПР-2. Контрольная работа
3.	7-9 недели	Подготовка к лабораторной работе, сбор научной информации по теме Сферические проекции. Подготовка отчета о проделанной работе, выполнение домашнего задания	3 часа	УО-1. Опрос перед началом занятия. Принятие отчета о выполнении лабораторной работы. ПР-2. Контрольная работа
4.	10-12 недели	Подготовка к лабораторной работе, сбор научной информации по теме Простые формы. Подготовка отчета о проделанной работе, выполнение домашнего задания	3 часа	УО-1. Опрос перед началом занятия. Принятие отчета о выполнении лабораторной работы. ПР-2. Контрольная работа
5	13-15 недели	Подготовка к лабораторной работе, сбор научной информации по теме Кристаллические решетки. Подготовка отчета о проделанной работе, выполнение домашнего задания	2 часа	УО-1. Опрос перед началом занятия. Принятие отчета о выполнении лабораторной работы. ПР-2. Контрольная работа
6.	16 неделя	Подготовка к лабораторной работе, сбор научной информации по теме Рентгенография. Подготовка отчета о проделанной работе, выполнение домашнего задания	2 часа	УО-1. Опрос перед началом занятия. Принятие отчета о выполнении лабораторной работы. ПР-2. Контрольная работа
7	17 неделя	Подготовка к написанию итоговой	4 часа	ПР-2. Контрольная работа

		контрольной работы		
8	18 неделя	Подготовка к экзамену	36 часов	Экзаменационные вопросы
			54 часа	

Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к лабораторным работам, подготовка к защите теории по работе, самоконтроль знаний по теме работы с помощью вопросов к каждой работе.

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

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

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

#### *Работа с литературой.*

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

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при написании эссе рекомендуется работать со следующими видами изданий:

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

б) Учебная литература подразделяется на:

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

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

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы

сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

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

Собеседование (устный опрос) позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Опрос – важнейшее средство развития мышления и речи. Обучающая функция опроса состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке задания по самостоятельной работе.

Критерии оценки. Используется зачетная система. Во время опроса допускается не более 1-й ошибки или неточности по названию периода, его времени и длительности.

<b>Оценка</b>	<b>Требования</b>
<b>«зачтено»</b>	Студент владеет навыками самостоятельной работы по теме исследования, реферировать литературные источники; методами

	анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Студент умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы. Работа соответствует требованиям и выполнена в установленные сроки.
<i>«не зачтено»</i>	Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Студент не умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы, не владеет навыком реферировать литературные источники..

### **Вопросы к лабораторным работам по темам:**

#### **Лабораторная 1. Элементы симметрии кристаллов.**

- а) Основные элементы симметрии
- б) Инверсионные и зеркально-поворотные оси симметрии
- в) Обозначение элементов симметрии

#### **Лабораторная 2. Стереографические проекции.**

- а) Определение сингонии
- б) Сингонии низшей, средней и высшей симметрий

#### **Лабораторная 3. Сферические проекции.**

- а) Точечные группы симметрии
- б) Определение координат сферических проекций

#### **Лабораторная 4. Простые формы.**

- а) Определение простой формы
- б) Классификация простых форм
- в) Простые формы низшей, средней и высшей сингоний

#### **Лабораторная 5. Типы плотнейших упаковок. Число формульных единиц**

- а) Принципы образования гексагональных и кубических плотнейших шаровых упаковок
- б) Типы пустот в шаровых упаковках

#### **Лабораторная 6. Рентгенографический анализ кристаллических соединений.**

- а) Схема дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. Условие Лауэ
- б) Вывод уравнения Брэгга-Вульфа
- в) Способы получения дифракционных картин

#### **Лабораторная 7. Рентгенографический анализ аморфных соединений.**

- а) Свойства аморфных тел
- б) Отличие рентгенограмм полимеров и кристаллов

*Задание на дом к лабораторному занятию №1*

Просмотреть материал лекций, учебники, изучить теоремы о сочетании элементов симметрий и подготовиться к выявлению элементов симметрий на макетах многогранников.

*Задание на дом к лабораторным занятиям №2*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить федоровские группы симметрии и подготовиться к описанию стереографических проекций на макетах многогранников.

*Задание на дом к лабораторному занятию №3*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить метод изображения сферических проекций многогранников и подготовиться к описанию сферических проекций на макетах многогранников.

*Задание на дом к лабораторному занятию №4*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить изображение структурных типов сфалерита и вюрцита и подготовиться к нахождению простых форм на макетах многогранников.

*Задание на дом к лабораторным занятиям №5*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить изображение структурных типов сфалерита и вюрцита, расчет плотнейших шаровых упаковок и подготовиться к определению числа формульных единиц и числа октаэдрических и тетраэдрических пустот на макетах кристаллических решеток.

*Задание на дом к лабораторным занятиям №6-7*

Просмотреть материал лекций, учебники, повторить методы получения рентгенографических изображений, эксперименты и уравнение Брэгга-Вульфа.

**Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Подготовка к лабораторным работам оценивается в ходе устного опроса по пятибалльной системе.

Отчеты по лабораторным работам составляются студентами индивидуально и защищаются устно, оцениваются по пятибалльной системе.

По теме для самостоятельного изучения студенты опрашиваются устно на консультациях согласно графику, оцениваются по пятибалльной системе.

## Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

### Оценка «Отлично»

- А) Задание выполнено полностью.
- Б) Отчет/ответ составлен грамотно.
- В) Ответы на вопросы полные и грамотные.
- Г) Материал понят, осознан и усвоен.

### Оценка «Хорошо»

- А), Б) - те же , что и при оценке «Отлично».
- В) Неточности в ответах на вопросы, которые исправляются после уточняющих вопросов.
- Г) Материал понят, осознан и усвоен.

### Оценка «Удовлетворительно»

- А), Б - те же , что и при оценке «Отлично».
- В) Неточности в ответах на вопросы, которые не всегда исправляются после уточняющих вопросов.
- Г) Материал понят, осознан, но усвоен не достаточно полно.

### Оценка «Неудовлетворительно»

- А) Программа не выполнена полностью.
- Б) Устный отчет и ответы на вопросы не полные и не грамотные.
- В) Материал не понят, не осознан и не усвоен.

## VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Модуль 1 Введение в кристаллохимию . Основные понятия. Тема 1 Введение в кристаллохимию Тема 2 Симметрия	<b>ОПК-3.1.</b> Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической	<b>знает:</b> области применения теоретических и полуэмпирических моделей для изучения свойств кристаллов  <b>умеет:</b> определять необходимые теоретические и	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 6, 7 ПР-2 контрольная работа № 5, 6  УО-1 сдача теории, собеседование	ПР-2 Итоговая контрольная варианты 1-30 Экзаменационные

<p>молекул и кристаллов Тема 3 Понятие простой формы и стереографической проекции Тема 4 Симметрия кристаллической решетки Тема 5 Теория плотнейших шаровых упаковок Модуль 2 Тема 6 Факторы, определяющие структуру кристаллов Тема 7 Рентгеноструктурный анализ Тема 8 Изоморфизм и полиморфизм в кристаллах Тема 9 Кристаллохимия бинарных соединений Тема 10 Кристаллохимия силикатов и органических веществ Модуль 3 Реальные кристаллы. Тема 11 Теория реального кристалла Тема 12 Теория роста кристаллов. Тема 13 Методы выращивания кристаллов</p>	направленности.	полуэмпирические модели при выяснении элементов симметрии, точечных групп симметрии, типов упаковки и координационных чисел в кристаллических структурах	тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4	вопросы
		<b>владеет:</b> опытом применения теоретических и полуэмпирических моделей изучения симметрии кристаллов.	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 2, 6, 7 ПР-2 контрольная работа № 5, 6	
	<b>ОПК-3.2.</b> Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности	<b>знает:</b> основное стандартное программное обеспечение, необходимое для установления и анализа структуры кристаллов	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 2, 3 ПР-2 контрольная работа № 1, 2	ПР-2 Итоговая контрольная варианты 1-30 Экзаменационные вопросы
		<b>умеет:</b> применять основное стандартное программное обеспечение, необходимое для установления и анализа структуры кристаллов	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4	
		<b>владеет:</b> опытом интерпретации информации, полученной с использованием стандартного программного обеспечения, необходимого для установления и анализа структуры кристаллов	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 4, 6, 8 ПР-2 контрольная работа № 5, 6	
	<b>ОПК-1.1.</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов веществ и материалов	<b>знает:</b> принципы систематизации и анализа результатов химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств кристаллических веществ	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4	ПР-2 Итоговая контрольная варианты 1-30 Экзаменационные вопросы
		<b>умеет:</b> систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, произведенных над кристаллическими веществами	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 4, 6, 8 ПР-2 контрольная работа № 5, 6	

			<p><b>владеет:</b> опытом систематизации и анализа результатов химических экспериментов, наблюдений, измерений, произведенных над кристаллическими веществами</p>	<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4</p>	
	<p><b>ОПК-1.2.</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии</p>	<p><b>знает:</b> методы обобщения и анализа результатов, полученных в ходе изучения физико-химических свойств кристаллов</p>	<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 6, 7 ПР-2 контрольная работа № 5, 6</p>	<p>ПР-2 Итоговая контрольная варианты 1-30 Экзаменационные вопросы</p>	
<p><b>умеет:</b> интерпретировать и анализировать информацию, полученную при проведении экспериментов по изучению свойств кристаллических веществ</p>		<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4</p>			
<p><b>владеет:</b> опытом интерпретации результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ по изучению физико-химических свойств кристаллов</p>		<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 2, 6, 7 ПР-2 контрольная работа № 5, 6</p>			
	<p><b>ОПК-1.3.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-</p>	<p><b>знает:</b> принципы анализа и обобщения информации, полученной в ходе проведения собственных теоретических и экспериментальных работ по изучению свойств кристаллических веществ</p>	<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 2, 3 ПР-2 контрольная работа № 1, 2</p>	<p>ПР-2 Итоговая контрольная варианты 1-30 Экзаменационные вопросы</p>	
		<p><b>умеет:</b> формулировать заключения и выводы по результатам собственных теоретических и экспериментальных работ по изучению свойств кристаллических веществ</p>	<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4</p>		

		теоретическ их работ химической направленн ости	<b>владеет:</b> опытом представления заклучений и выводов по результатам собственных теоретических и экспериментальных работ по изучению свойств кристаллических веществ	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 4, 6, 8 ПР-2 контрольная работа № 5, 6	
--	--	---	---	--	--

## VII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Кристаллография и кристаллохимия [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Ю. К. Егоров-Тисменко ; [под ред. В. С. Урусова] ; М.: Московский государственный университет, Геологический факультет. 2011.- 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Мультимедиа <http://srv-elib-01.dvfu.ru:8000/cgi-bin/edocget.cgi?ref=/000/008.iso>
2. Строение вещества. Строение кристаллов : учеб. пособие / А.М. Голубев, А.А. Волков, И.В. Татьяна, В.Н. Горячева. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. -35, [1] с.: ил. Режим доступа: [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0064.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0064.html)[http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0064.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0064.html)
3. Аникина, В. И. Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения [Электронный ресурс] : Практикум / В. И. Аникина, А. С. Сапарова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-2195-6. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=441367>
4. Брагина, В. И. Кристаллография, минералогия и обогащение полезных ископаемых [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Брагина. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 152 с. - ISBN 978-5-7638-2647-0. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=492236>

### Дополнительная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Бокий Г.Б. Кристаллохимия // М.: Наука. 1971. – 400 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:81027&theme=FEFU>
2. Шаскольская Э.М. / Кристаллография : учебник для втузов // М.: Высшая школа. 1976. – 391 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:244987&theme=FEFU>
3. Основы минералогии и кристаллографии с элементами петрографии: Учебное пособие / В.П. Бондарев. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 280 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат).

(переплет) ISBN 978-5-00091-028-3. Режим доступа:  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=497868>

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

1. <http://e.lanbook.com/>
2. <http://www.studentlibrary.ru/>
3. <http://znanium.com/>
4. <http://www.nelbook.ru/>
5. Сайт Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова: <http://www.chem.msu.su/rus/weldept.html>
6. Сайт Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева: <http://www.pxy.ru/>

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>  
База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>

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

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

*Лекционные занятия* ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом

материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

*Лабораторные занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (лабораторные, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
---	---	---

<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, кампус ДВФУ, п. Аякс, 10, Корпус L, ауд. L 501, L 608 (учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации); Лаборатория L 668. (специализированная лаборатория кафедры ОНиЭХ: Лаборатория общей химии)</p>	<p>Мультимедийное оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 ССВА - 1 шт. Парты и стулья Мультимедийное оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 ССВА - 1 шт. Парты и стулья Шкаф вытяжной, рабочая поверхность - керамогранит (в комплекте) ЛАБ-PRO ШВ 180.8, шкаф для хранения реактивов ЛАБ-PRO ШМР 60.50.195 (Дл.600, Гл.500, Выс.1950 мм, БАТ-15.2 блок автоматического титрования (со стеклян.бюреткой), баня комбинированная лабораторная БКЛ, стол для весов ЛАБ-PRO СВ 60.40.75 Г, столы лабораторные и стулья</p>	
<p>690922, Приморский край, г.Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб.А1017. Аудитория для самостоятельной работы</p>	<p>Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)</p>	

## **Х. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Для дисциплины «Кристаллохимия» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)

Письменные работы:

1. Контрольные работы (ПР-2)

**Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

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

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Презентация / сообщение (УО-3) – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

**Письменные работы**

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

Эссе (ПР-3) – средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического

инструментария соответствующей дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.

Лабораторная работа (ПР-6) – средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.

Контрольно-расчетная работа (ПР-12) – средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине.

Творческое задание (ПР-13) – частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

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

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Кристаллохимия» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (3-й, осенний семестр). Экзамен по дисциплине включает ответы на 3 вопроса. Один из вопросов носит общий характер. Он направлен на раскрытие студентом знаний по «сквозным» вопросам и проблемам кристаллохимии. Второй вопрос касается элементов симметрий, простых форм и стереографических проекций.

#### **Методические указания по сдаче зачета**

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

привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

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

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

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене, должно составлять не более 40 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются на экзамен с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка.

В зачетную книжку студента вносится только запись об оценке. При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

### **Вопросы к экзамену**

1. Почему не возможен пятый порядок оси? Изобразить графически.
2. Кристаллизация при концентрационной конвекции. Описание метода.
3. Написать формулу симметрии и изобразить проекции элементов симметрии предложенных моделей многогранников.

4. Какой элемент симметрии возникает в результате прибавления плоскости симметрии наклонно к главной оси? Проиллюстрируйте.
5. Факторы, влияющие на внешний облик кристаллов. Правило Кюри-Вульфа. Проиллюстрировать.
6. Написать название простых форм и изобразить проекции нормалей к граням предложенных моделей многогранников.
7. Какой элемент симметрии получается в результате пересечения двух осей  $L_2$ , располагающихся под прямым углом друг к другу? Проиллюстрируйте.
8. Кристаллизация при химической реакции. Особенности метода (плюсы и минусы).
9. Написать формулу симметрии и изобразить проекции элементов симметрии предложенных моделей многогранников.
10. Определение простой формы. Простые формы средних сингоний.
11. Винтовые и краевые дислокации. Причины возникновения.
12. Написать название простых форм и изобразить проекции нормалей к граням предложенных моделей многогранников.
13. Чем является линия пересечения двух плоскостей, располагающихся под прямым углом? Проиллюстрируйте.
14. Выращивание и синтез кристаллов из гидротермальных растворов. Описание метода.
15. Написать формулу симметрии и изобразить проекции элементов симметрии предложенных моделей многогранников.
16. Каким элементом симметрии обладает фигура, обладающая двумя взаимно перпендикулярными плоскостями симметрии? Проиллюстрируйте.
17. Методы кристаллизации из раствора в расплаве. Виды, принципы и применимость методов.
18. Написать название простых форм и изобразить проекции нормалей к граням предложенных моделей многогранников.

- 19.Какой структурой обладают наиболее ковкие металлы (тип упаковки) и почему?
- 20.Кристаллизация путем изменения температуры раствора. Виды, описание методов.
- 21.Написать формулу симметрии и изобразить проекции элементов симметрии предложенных моделей многогранников.
- 22.Определение простой формы. Простые формы низших сингоний.
- 23.Тангенциальный и нормальный рост кристаллов. Объяснить возникновение атомно-гладких и атомно-шероховатых граней кристаллов.
- 24.Написать название простых форм и изобразить проекции нормалей к граням предложенных моделей многогранников.
- 25.Анизотропия свойств кристаллов. Примеры использования на практике.
- 26.Молекулярно-кинетическая теория роста кристаллов И.Н. Странского и В. Косселя.
- 27.Написать формулу симметрии и изобразить проекции элементов симметрии предложенных моделей многогранников.
- 28.Определение простой формы. Простые формы высших сингоний.
- 29.На какие группы делятся способы кристаллизации по принципу создания пересыщений?
- 30.Написать название простых форм и изобразить проекции нормалей к граням предложенных моделей многогранников.

### **Шкала оценивания уровня сформированности компетенций**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОПК-3 Способен применять	знает (пороговый уровень)	расчетно-теоретические методы для изучения	расчетно-теоретические методы для изучения свойств	Знание особенностей построения различных типов кристаллических	61-75

расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники		свойств кристаллов, их свойства и область применения; основные методы изучения кристаллов.	кристаллов	решеток. Знание геометрических и рентгенографических методов изучения структуры кристаллических решеток	
	умеет (продвинутый)	определять элементы симметрии, точечную группу симметрии, тип упаковки и координационные числа в кристаллических структурах, структурный тип, и использовать основные законы кристаллохимии в своей профессиональной деятельности.	Умение определять элементы симметрии, точечную группу симметрии, тип упаковки и координационные числа в кристаллических структурах, структурный тип, и использовать основные законы кристаллохимии в своей профессиональной деятельности.	Умение: формулировать формулы симметрии, относить их к определенной точечной группе; по типу плотнейшей упаковки и координационному числу определять тип кристаллической решетки	76-85
	владеет (высокий)	опытом применения теоретических и полуэмпирических моделей изучения симметрии кристаллов.	Владение опытом применения теоретических и полуэмпирических моделей изучения симметрии кристаллов.	Владение опытом применения полученных знаний: об элементах симметрии для определения категорий кристаллов; о формах идеальных и реальных кристаллов для определения структурных типов реальных	86-100

				минералов	
ОПК-1 Способе н анализи ровать и интерпр етироват ь результ аты химичес ких экспери ментов, наблюде ний и измерен ий	знает (пороговый уровень)	методы систематиза ции и анализа результатов наблюдений , измерений и расчетов кристаллогр афических параметров кристаллов	методов систематизаци и и анализа результатов наблюдений, измерений и расчетов кристаллограф ических параметров кристаллов	Знание способов классификации элементов симметрии и кристаллических решеток многогранников. Знание принципов формирования проекции элементов симметрий и нормалей к граням.	61-75
	умеет (продвинутый уровень)	интерпретир овать результаты собственны х эксперимент ов и расчетно- теоретическ их работ с использован ием теоретическ их основ традиционн ых и новых разделов химии	Умение интерпретиров ать результаты собственных экспериментов и расчетно- теоретических работ с использование м теоретических основ традиционных и новых разделов химии	Умение интерпретироват ь данные о симметрии кристаллов из источников научной и научно- технической информации для определения симметрии реальных кристаллов	76-85
	владеет (высокий уровень)	опытом обобщения полученной в ходе исследовани я информации по заданной тематике по выяснению кристаллогр афических параметров кристаллов	Владение опытом обобщения полученной в ходе исследования информации по заданной тематике по выяснению кристаллограф ических параметров кристаллов	Владение опытом обобщения, анализа и применения табличных данных об элементах симметрии, параметрах кристаллических решеток, данных рентгенограмм для определения свойств реальных кристаллов	86- 100

## **Критерии выставления оценки при текущей проверке и на экзамене**

### **I. Оценка устных ответов:**

#### **Отметка "Отлично"**

1. Дан полный и правильный ответ на основе изученных теорий.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### **Отметка "Хорошо"**

- 1, 2, 3, 4 – аналогично отметке "Отлично".
5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию учителя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

#### **Отметка "Удовлетворительно"**

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки (например, неумение применять законы и теории к объяснению новых фактов).
2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

#### **Отметка "Неудовлетворительно"**

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.
2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

### **II. Оценка умения решать задачи:**

#### **Отметка "Отлично"**

1. В решении и объяснении нет ошибок.
2. Ход решения рациональный.
3. Если необходимо, решение произведено несколькими способами.
4. Допущены ошибки по невнимательности (оговорки, описки).

### **Отметка "Хорошо"**

1. Существенных ошибок нет.
2. Допущены 1-2 несущественные ошибки или неполное объяснение, или использование 1 способа при заданных нескольких.

### **Отметка "Удовлетворительно"**

1. Допущено не более одной существенной ошибки, записи неполны, неточности.
2. Решение выполнено с ошибками в математических расчетах.

### **Отметка "Неудовлетворительно"**

1. Решение осуществлено только с помощью учителя.
2. Допущены существенные ошибки.
3. Решение и объяснение построены не верно.

### **III. Оценка письменных работ:**

Критерии те же. Из оценок за каждый вопрос выводится средняя итоговая оценка за письменную работу.

### **Примерный перечень оценочных средств (ОС)**

#### **I. Устный опрос**

1. Собеседование (УО-1) (Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.) - Вопросы по темам/разделам дисциплины.
2. Экзамен (Средство промежуточного контроля) – Вопросы к экзамену, образцы билетов.

#### **Вопросы собеседований:**

#### **Тема 1. Элементы симметрии кристаллов.**

- а) Основные элементы симметрии
- б) Инверсионные и зеркально-поворотные оси симметрии
- в) Обозначение элементов симметрии

#### **Тема 2. Стереографические проекции.**

- а) Определение сингонии
- б) Сингонии низшей, средней и высшей симметрий

### **Тема 3. Сферические проекции.**

- а) Точечные группы симметрии
- б) Определение координат сферических проекций

### **Тема 4. Простые формы.**

- а) Определение простой формы
- б) Классификация простых форм
- в) Простые формы низшей, средней и высшей сингоний

### **Тема 5. Типы плотнейших упаковок. Число формульных единиц**

- а) Принципы образования гексагональных и кубических плотнейших шаровых упаковок
- б) Типы пустот в шаровых упаковках

### **Тема 6. Рентгенографический анализ кристаллических соединений.**

- а) Схема дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. Условие Лауэ
- б) Вывод уравнения Брэгга-Вульфа
- в) Способы получения дифракционных картин

### **Тема 7. Рентгенографический анализ аморфных соединений.**

- а) Свойства аморфных тел
- б) Отличие рентгенограмм полимеров и кристаллов

## **Вопросы к экзамену**

### **Образцы экзаменационных билетов**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

«Дальневосточный федеральный университет»

Школа естественных наук

ООП  
Дисциплина  
Форма обучения

04.03.01 - Химия  
Кристаллохимия  
очная

Семестр 3  
Учебный год 202\_-202\_  
Реализующая кафедра Общей, неорганической и  
элементоорганической химии ШЕН

### Экзаменационный билет № 1

1. Анизотропия свойств кристаллов. Примеры использования на практике.
2. Молекулярно-кинетическая теория роста кристаллов И.Н. Странского и В. Коссея.
3. Написать формулу симметрии и изобразить проекции элементов симметрии предложенных моделей многогранников.

## МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

«Дальневосточный федеральный университет»

Школа естественных наук

ООП 04.03.01 - Химия  
Дисциплина Кристаллохимия  
Форма обучения очная  
Семестр 3  
Учебный год 202\_-202\_  
Реализующая кафедра Общей, неорганической и  
элементоорганической химии ШЕН

### Экзаменационный билет № 2

1. Определение простой формы. Простые формы высших сингоний.
2. На какие группы делятся способы кристаллизации по принципу создания пересыщений?

Написать название простых форм и изобразить проекции нормалей к граням предложенных моделей многогранников.

### II. Письменные работы

1. Тест (ПР-1) (Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося) - Фонд тестовых заданий.
2. Контрольная работа (ПР-2)(Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу) - Комплект контрольных заданий по вариантам.

### Примеры тестовых заданий:

#### **ВАРИАНТ 1**

1. Прибор для определения двугранных углов:

- 1) Кристаллометр
- 2) Гониометр
- 3) Микрометр

2. Элемент симметрии - это

- 1) грань
- 2) плоскость
- 3) ребро

3. Ось шестого порядка имеет обозначение:

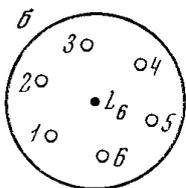
- 1) 
- 2) 
- 3) 

4. Инверсионная ось четвертого порядка обозначается как:

- 1) 
- 2) 
- 3) 

### ***ВАРИАНТ 2***

1. На рисунке изображено действие оси:



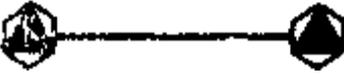
- 1) Зеркально-поворотной  $L_6$
- 2) Поворотной  $L_6$

### 3) Инверсионной $L_6$

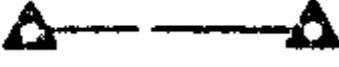
2. Элемент симметрии - это

- 1) грань
- 2) вершина
- 3) центр

3. Ось третьего порядка имеет обозначение:

- 1) 
- 2) 
- 3) 

4. Инверсионная ось третьего порядка обозначается как:

- 1) 
- 2) 
- 3) 

### ***ВАРИАНТ 3***

1. Прибор для определения двугранных углов:

- 1) Кристаллометр
- 2) Гониометр
- 3) Микрометр

2. Элемент симметрии - это

- 1) грань
- 2) плоскость
- 3) ребро

3. Ось первого порядка имеет обозначение:

- 1) 1-1
- 2) \*
- 3) не имеет обозначения

4. Плоскость симметрии имеет обозначение:

- 1) П
- 2) PL
- 3) 

**ВАРИАНТ 4**

1. Изображенная на рисунке простая форма - это:

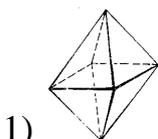


- 1) моноэдр
- 2) Пинакоид
- 3) Диэдр

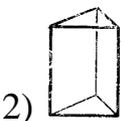
2. Ромбическая пирамида - это

- 1) закрытая простая форма
- 2) открытая простая форма
- 3) не является простой формой

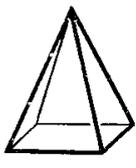
3. Простая форма средней сингонии - это:



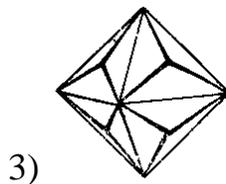
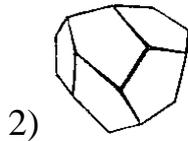
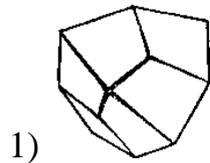
- 1) Ромбическая дипирамида



- 2) Тригональная призма

- 3)  Тетрагональная пирамида

4. Пентагонтритетраэдр - это:



### ***ВАРИАНТ 5***

1. Изображенная на рисунке простая форма - это:

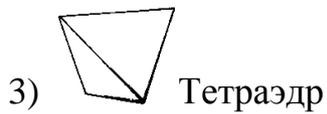
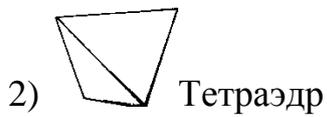
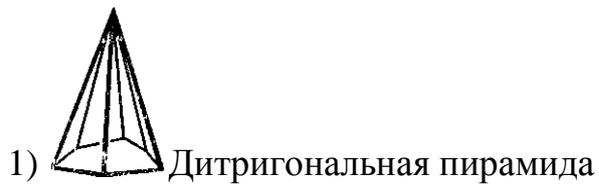


- 1) моноэдр  
2) Пинакоид  
3) Диэдр

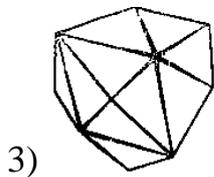
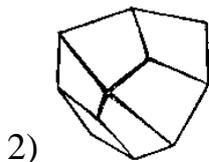
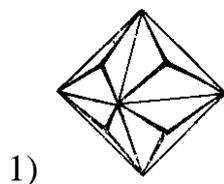
2. Ромбическая дипирамида - это

- 1) закрытая простая форма  
2) открытая простая форма  
3) не является простой формой

3. Простая форма кубической сингонии - это:



4. Тригонтриоктаэдр – это:



### **Контрольные работы**

#### **Контрольная работа №1**

По предлагаемой проекции выбрать многогранник

#### **Контрольная работа №2**

Определить какие из простых форм могут соответствовать данной сферической проекции

#### **Контрольная работа №3**

По элементам симметрии и сферическим проекциям однозначно определить простые формы и многогранники

#### **Контрольная работа №4**

На имеющихся моделях сферолита, вюрцита, плавикового шпата, магния, рутила определить тип плотнейшей упаковки

### **Контрольная работа №5**

По реальным рентгенограммам определить кристаллическое вещество

### **Контрольная работа №6**

По реальным рентгенограммам определить аморфное вещество

## **Итоговая контрольная работа**

### **Вариант №1**

1. Кристаллохимия силикатов. Классификация каркасных силикатов.
2. Рентгеноструктурный анализ. Метод Дебая-Шерри.

### **Вариант №2**

1. Зависимость физико-химических свойств кристалла от его структуры. Растворимость кристаллов.
2. Методы выращивания кристаллов.

### **Вариант №3**

1. Понятие изоэдра (простой формы). Важнейшие изоэдры.
2. Реальные кристаллы и дефекты кристаллических структур.

### **Вариант №4**

1. Координационное число и координационный полиэдр.
2. Изоморфизм в кристаллах. Условия, необходимые для проявления изоморфизма.

### **Вариант №5**

1. Условия Лауэ и уравнение Брегга-Вульфа.
2. Геометрические пределы устойчивости структур.

### **Вариант №6**

1. Понятие пространственной (федоровской) группы симметрии.
2. Определение размеров элементарной ячейки рентгеноструктурным анализом.

### **Вариант №7**

1. Дефекты кристаллических структур.
2. Структурные типы, свойственные ионным соединениям на примере NaCl, CsCl, CaF<sub>2</sub>.

### **Вариант №8**

1. Решетка и структура кристалла.
2. Определение координационных чисел

### **Вариант №9**

1. Влияние условий роста кристалла на количество дефектов.
2. Симметрические преобразования (операции) и элементы симметрии.

### **Вариант №10**

1. Группы симметрии и структурные классы.
2. Шаровые упаковки и кладки. Типы пустот в шаровых кладках.