



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)

Капустина А.А.
(ФИО)



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей, неорганической и
элементорганической химии

Капустина А.А.
(подпись) (ФИО.)

«29» января 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Кристаллохимия

Направление подготовки 04.03.01 Химия

профиль «Фундаментальная химия»

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3
лекции 34 час.
практические занятия 18 час.
семинарские занятия 0 час.
лабораторные работы 34 час.
в том числе с использованием МАО лек. 18 час.
всего часов аудиторной нагрузки 86 час.
в том числе с использованием МАО 18 час.
самостоятельная работа 58 час.
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.
контрольные работы 3
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен
зачет не предусмотрен
экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 17 июля 2017г. №671.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Общей, неорганической и элементорганической химии ШЕН протокол № 4 от « 15 » января 2020 г.

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

Владивосток
2020

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 компетенции:

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Общепрофессиональные навыки	ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК-3.1. Применяет расчетно-теоретические методы для изучения свойств кристаллов, их свойства и область применения; основные методы изучения кристаллов. ОПК-3.2. Использует стандартное программное обеспечение при определении элементов симметрии, точечных групп симметрии, типов упаковки и координационных чисел в кристаллических структурах
Общепрофессиональные навыки	ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать	ОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты

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

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

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

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 кладок. 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 кладок. 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 centrosимметричности 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 NaCl , CsCl , CaF_2). Энергия ионных структур. Систематизация структурных типов бинарных соединений AX , AX_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.

II. 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 (18 часов)

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. (2 часа).

Точечные группы симметрии. Определение координат сферических проекций.

Практическое занятие 4. (2 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 5. (4 часа).

Рентгеновские методы изучения кристаллов.

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

III. 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»

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	1-3 недели	Подготовка к лабораторной работе, сбор научной информации по теме Элементы симметрии. 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
2.	4-6 недели	Подготовка к лабораторной работе, сбор научной информации по теме Стереографические 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
3.	7-9 недели	Подготовка к лабораторной работе,	3 часа	УО-1. Опрос перед началом занятия.

		сбор научной информации по теме Сферические проекции. Подготовка отчета о проделанной работе, выполнение домашнего задания		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	3 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	3 часа	УО-1. Опрос перед началом занятия. Принятие отчета о выполнении лабораторной работы. ПР-2. Контрольная работа
7	17 неделя	Подготовка к написанию итоговой контрольной работы	4 часа	ПР-2. Контрольная работа
		Подготовка к экзамену	36 часов	Экзаменационные вопросы

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.

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.

IV. 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 молекул и кристаллов Тема 3 Понятие простой формы и стереографической проекции Тема 4 Симметрия	ОПК-3	Знает: расчетно-теоретические методы для изучения свойств кристаллов, их свойства и область применения; основные методы изучения кристаллов.	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 6, 7 ПР-2 контрольная работа № 5, 6	ПР-2 Итоговая контрольная варианты 1-30 Экзаменационные вопросы
			умеет: 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.	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4	
			владеет:	УО-1	

<p>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>		<p>опытом применения теоретических и полуэмпирических моделей изучения симметрии кристаллов.</p>	<p>сдача теории, собеседование тема № 2, 6, 7 ПР-2 контрольная работа № 5, 6</p>	
	ОПК-1	<p>Знает: Знает правила проведения первичного поиска информации по выяснению кристаллографических параметров кристаллов</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>умеет: проводить первичный поиск информации по выяснению кристаллографических параметров кристаллов</p>	<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4</p>	
		<p>владеет: опытом проведения первичного поиска информации по заданной тематике по выяснению кристаллографических параметров кристаллов</p>	<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 4, 6, 8 ПР-2 контрольная работа № 5, 6</p>	

V. 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, 2010. -35, [1] с.: ил. Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0064.htmlhttp://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 вузов // 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.; 60x90 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/>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Подготовка к лабораторным занятиям.

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.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наглядные пособия: периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева, таблица растворимости, макеты многогранников и кристаллических решеток.

Мультимедийное оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA - 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

Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду: 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. Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками

VIII. Фонд оценочных средств Паспорт ФОС

№ 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 молекул и кристаллов Тема 3 Понятие простой формы и	ОПК-3	Знает: расчетно-теоретические методы для изучения свойств кристаллов, их свойства и область применения; основные методы изучения кристаллов.	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 6, 7 ПР-2 контрольная работа № 5, 6	ПР-2 Итоговая контрольная варианты 1-30 Экзаменационные вопросы
			умеет: определять элементы симметрии, точечную группу симметрии, тип упаковки и координационные числа в кристаллических структурах, структурный тип, и использовать	УО-1 сдача теории, собеседование тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4	

<p>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>		<p>основные законы кристаллохимии в своей профессиональной деятельности.</p>		
		<p>владеет: опытом применения теоретических и полуэмпирических моделей изучения симметрии кристаллов.</p>	<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 2, 6, 7 ПР-2 контрольная работа № 5, 6</p>	
	ОПК-1	<p>Знает: Знает методы систематизации и анализа результатов наблюдений, измерений и расчетов кристаллографических параметров кристаллов</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>умеет: интерпретировать результаты собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии</p>	<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 1, 2, 5 ПР-2 контрольная работа № 3, 4</p>	
	<p>владеет: опытом обобщения полученной в ходе исследования информации по заданной тематике по выяснению кристаллографических параметров кристаллов</p>	<p>УО-1 сдача теории, собеседование тема № 4, 6, 8 ПР-2 контрольная работа № 5, 6</p>		

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процесс ов с их участие м с использ ованием современ ной вычисли тельной техники	знает (пороговый уровень)	расчетно-теоретическ ие методы для изучения свойств кристаллов, их свойства и область применения; основные методы изучения кристаллов.	расчетно-теоретические методы для изучения свойств кристаллов	Знание особенностей построения различных типов кристаллических решеток. Знание геометрических и рентгенографиче ских методов изучения структуры кристаллических решеток	61-75
	умеет (продвинутый)	определять элементы симметрии, точечную группу симметрии, тип упаковки и координаци онные числа в кристалличе ских структурах, структурны й тип, и использоват ь основные законы кристаллохи мии в своей профессион альной деятельност и.	Умение определять элементы симметрии, точечную группу симметрии, тип упаковки и координационн ые числа в кристаллическ их структурах, структурный тип, и использовать основные законы кристаллохими и в своей профессиональ ной деятельности.	Умение: формулировать формулы симметрии, относить их к определенной точечной группе; по типу плотнейшей упаковки и координационно му числу определять тип кристаллической решетки	76-85
	владеет (высокий)	опытом применения теоретическ их и полуэмпири	Владение опытом применения теоретических и	Владение опытом применения полученных знаний:	86-100

		ческих моделей изучения симметрии кристаллов.	полуэмпирических моделей изучения симметрии кристаллов.	об элементах симметрии для определения категорий кристаллов; о формах идеальных и реальных кристаллов для определения структурных типов реальных минералов	
ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	знает (пороговый уровень)	методы систематизации и анализа результатов наблюдений, измерений и расчетов кристаллографических параметров кристаллов	методов систематизации и анализа результатов наблюдений, измерений и расчетов кристаллографических параметров кристаллов	Знание способов классификации элементов симметрии и кристаллических решеток многогранников. Знание принципов формирования проекций элементов симметрий и нормалей к граням.	61-75
	умеет (продвинутый уровень)	интерпретировать результаты собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	Умение интерпретировать результаты собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	Умение интерпретировать данные о симметрии кристаллов из источников научной и технической информации для определения симметрии реальных кристаллов	76-85
	владеет (высокий уровень)	опытом обобщения полученной в ходе исследования	Владение опытом обобщения полученной в ходе исследования	Владение опытом обобщения, анализа и применения табличных	86-100

		информации по заданной тематике по выяснению кристаллографических параметров кристаллов	информации по заданной тематике по выяснению кристаллографических параметров кристаллов	данных об элементах симметрии, параметрах кристаллических решеток, данных рентгенограмм для определения свойств реальных кристаллов	
--	--	---	---	---	--

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Критерии оценки знаний умений и навыков при текущей проверке

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

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.

Образцы экзаменационных билетов

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	2021_-2022_
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. Косселя.
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	2021_-2022_
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

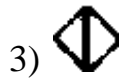
- 1) грань
- 2) плоскость
- 3) ребро

3. Ось шестого порядка имеет обозначение:

- 1) 
- 2) 
- 3) 

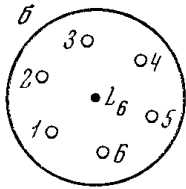
4. Инверсионная ось четвертого порядка обозначается как:

- 1) 
- 2) 



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:



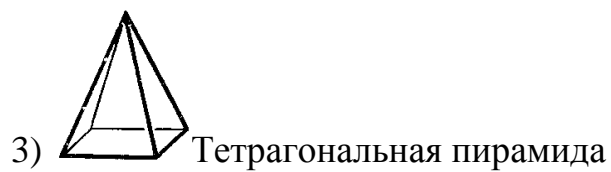
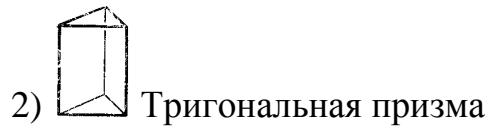
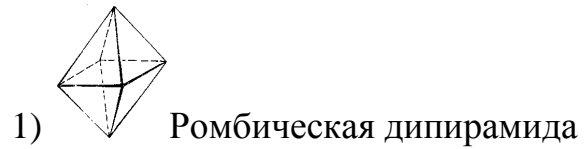
- 1) моноэдр
- 2) Пинакоид
- 3) Диэдр

2. Ромбическая пирамида - это

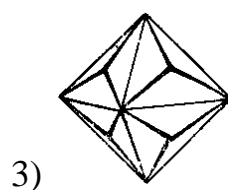
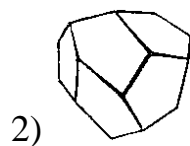
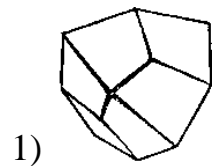
- 1) закрытая простая форма

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

3. Простая форма средней сингонии - это:



4. Пентагонтритетраэдр - это:



ВАРИАНТ 5

1. Изображенная на рисунке простая форма - это:

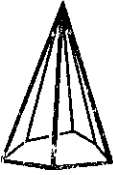
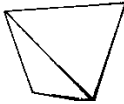
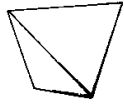


- 1) моноэдр
- 2) Пинакоид
- 3) Диэдр

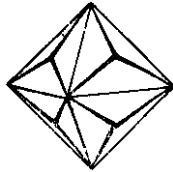
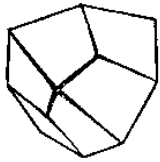
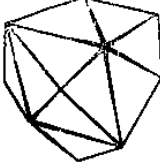
2. Ромбическая дипирамида - это

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

3. Простая форма кубической сингонии - это:

- 1)  Дитригональная пирамида
- 2)  Тетраэдр
- 3)  Тетраэдр

4. Тригонтриоктаэдр – это:

- 1) 
- 2) 
- 3) 

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, CaF₂.

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.

