

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
материаловедения и индустрии наносистем
Академик РАН


В.М. Иевлев
подпись, расшифровка подписи

16.05.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.07 Фундаментальные основы кристаллохимии

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

- 1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**
04.04.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализации:** Химия, физика и механика новых функциональных материалов и наноматериалов
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** магистр
- 4. Форма образования:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**
Материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:**
Самойлов Александр Михайлович, доктор химических наук, профессор
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета,
протокол №10-03 от 27.03.2025
- 8. Учебный год:** 2026-2027

Семестр(-ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Данная дисциплина состоит из двух частей:

- а) общие теоретические концепции кристаллохимии;
- б) применение этих концепций для описания и прогнозирования структуры и функциональных свойств простых веществ и соединений с различными типами химической связи.

Основными целями первой лекционного курса являются:

- формирование системных знаний об элементах симметрии молекул и кристаллических многогранников, точечных группах (классах симметрии), трансляционной симметрии кристаллических тел, о влиянии химического и кристаллохимического строения веществ на их функциональные свойства,
- формирование системных знаний об основных общетеоретических концепциях, объясняющих зависимость пространственного строения веществ, их физико-химических свойств от типа химической связи, которая реализуется между структурными единицами вещества,
- формирование системных знаний о современных подходах к классификации кристаллических веществ на основе теории пространственных групп симметрии;
- изучение новейших фундаментальных открытий в области кристаллохимии (квазикристаллы, апериодические кристаллы, полиморфные модификации высокого давления);
- развитие пространственного мышления и воображения.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение особенностей строения аморфных и кристаллических твердых тел, а также жидких кристаллов,
- формирование умений применять макроскопический и микроскопический подходы при изучении внутреннего строения кристаллических тел,
- изучение фундаментальных понятий и представлений структурной химии и кристаллохимии об элементах симметрии первого и второго рода, точечных группах, классах симметрии, трансляционной симметрии как отличительного признака кристаллических тел, категориях и сингониях,
- изучение элементов симметрии кристаллических структур (плоскости скользящего отражения и винтовые оси симметрии) и их сочетаний в кристаллических структурах;
- формирование представлений о пространственной группе симметрии как главном инструменте описания кристаллической структуры;
- изучение новейших фундаментальных открытий в области кристаллохимии (квазикристаллы, апериодические кристаллы, полиморфные модификации высокого давления);
- формирование умений установить взаимосвязь между типом химической связи в кристалле и его пространственным строением;
- формирование у студента способностей и навыков к проведению экспериментальных и теоретических работ;
- формирование умений обобщать и анализировать полученную информацию и экспериментальные результаты.

В учебном курсе изложены общетеоретические фундаментальные положения теории пространственного строения молекул и кристаллов. Рассматриваются общетеоретические концепции и законы: симметрия как всеобщее свойство природы, элементы симметрии первого и второго рода, точечные группы, классы симметрии, трансляционная симметрия, сингонии, решетки Браве, прямая и обратные решетки, элементы симметрии кристаллических структур, теоремы о сложении элементов симметрии кристаллических структур, пространственные группы симметрии и т.д. Изучение разделов структурной химии (стереохимии) на основе новых экспериментальных данных (аперриодические кристаллы, несоразмерно модулированные структуры, несоразмерные композитные кристаллы) преследует цель развить у магистрантов пространственное химическое мышление, научить теоретическому подходу к научным проблемам и критически воспринимать, казалось бы, незыблемые химические теории, т.к. все они неизбежно уточняются со временем.

Цель и задача второй части курса состоит в изучении зависимости пространственного строения веществ, их физико-химических свойств в зависимости от типа химической связи, которая реализуется между структурными единицами вещества. В основу положены свойство симметрии и Периодический закон как основа химической систематики. Рассматривается классификация структурных типов и особенностей пространственного строения простых веществ, а также бинарных и сложных химических соединений. Изучаются особенности стереохимии комплексных соединений и интерметаллических соединений. Изучаются критерии представления кристаллических структур с помощью связанных полиэдров. Серьезное внимание уделяется стереохимии и кристаллохимии наиболее перспективных функциональных материалов. Уделяется внимание изучению путей развития структурной химии, проблеме получения новых неорганических веществ с заранее заданными свойствами (полупроводники, ферриты, неорганические полимеры, жидкие кристаллы, нанотрубки, наноструктуры и т.п.).

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

блок Б1, обязательная часть

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен использовать при решении задач профессиональной деятельности понимание теоретических основ специальных и междисциплинарных разделов химии, физики и	ОПК-1.1	Использует при решении задач профессиональной деятельности теоретические основы кристаллохимии и современной неорганической химии материалов	Знать: - законы классической кристаллографии: закон постоянства двугранных углов, закон изоморфизма и закон простых целых чисел; - закономерности изменения симметрии кристаллических структур простых веществ в зависимости от положения химического элемента в Периодической таблице Д.И. Менделеева; - методы планиметрического и стереометрического построения 2D-фигур и 3D-многогранников;

	механики материалов			- методы аналитической геометрии для определения координат узлов, ребер (отрезков) и граней в кристаллических структурах; - методы векторной алгебры для определения элементарных трансляций и элементарных ячеек в пространстве обратной решетки; - основные положения теории групп применительно к выводу точечных групп (классов симметрии); - основные положения теории групп и принципы вывода пространственных групп симметрии; - знать основные закономерности строения и физико-химических свойств кристаллов в зависимости от типа химической связи, которая в них реализуется; Уметь: - использовать Периодический закон Д.И. Менделеева для систематики кристаллических структур неорганических простых веществ и химических соединений; - использовать законы классической кристаллографии (закон постоянства двугранных углов, закон изоморфизма и закон простых целых чисел) для систематики кристаллических структур; - строить сферические, стереографические и гномостереографические проекции кристаллических многогранников; - применять основные положения теории групп применительно к выводу точечных групп симметрии (классов симметрии); - применять основные положения теории групп применительно к выводу пространственных групп симметрии; - определять элементы симметрии кристаллических структур на основании символа пространственной группы симметрии, записанного в международной символической системе Германа-Могена; - моделировать строение элементарной ячейки кристаллической структуры бинарных и тройных соединений на основе символа пространственной группы симметрии, записанного в международной символической системе Германа-Могена; Владеть (иметь навык(и)): - методами абстрактного пространственного мышления при анализе свойств симметрии кристаллических многогранников; - методами абстрактного пространственного мышления при анализе свойств симметрии кристаллических структур; - методами кристаллографического индизирования узлов, отрезков (ребер) и плоскостей (граней) для кристаллических многогранников и кристаллических структур; - методами анализа шаростержневых моделей кристаллических структур металлов с позиций теории плотнейших шаровых упаковок;
--	---------------------	--	--	--

				- методами определения координационных чисел и координационных многогранников в кристаллических структурах; - методами анализа строения кристаллических структур бинарных и более сложных соединений на основе данных о преимущественном типе химической связи в соединении; - методами решения задач по кристаллохимии повышенной сложности.
		ОПК-1.2	Использует при решении задач профессиональной деятельности теоретические основы междисциплинарных разделов материаловедения	Знать: - Периодический закон Д.И. Менделеева применительно к систематике кристаллических структур неорганических простых веществ и химических соединений; - знать теоремы о сочетании элементов симметрии кристаллических многогранников; - <u>знать теоремы о сочетании элементов симметрии кристаллических структур;</u> - <u>знать основные структурные типы металлов, неметаллов, а также бинарных, тройных и многокомпонентных соединений;</u> - отличительные признаки кристаллов низшей, средней и высшей кристаллографических категорий; - правила выбора элементарных ячеек плоских сеток и пространственных решеток; - правила кристаллографической установки для триклинной, моноклинной, ромбической, тригональной, тетрагональной, гексагональной и кубической сингоний; - классификацию кристаллов по структурным типам и символике Пирсона; - принципы построения элементарных ячеек и систем координат триклинной, моноклинной, ромбической, тригональной, тетрагональной, гексагональной и кубической сингоний; - методы расчета энергии кристаллической решетки, уравнения Борна - Ланде, формулу Капустинского, формулу Ферсмана; - основные закономерности изменения симметрии кристаллов в зависимости от преобладающего типа химической связи в соединениях; - отличительные особенности полиморфизма и политипии, - новые экспериментальные данные об объектах, описание которых выходит за рамки классической кристаллохимии; - достижения мировой кристаллографии в области изучения новых и нетрадиционных объектов (квазикристаллы, аперриодические кристаллы, несоразмерно модулированные структуры, несоразмерные композитные кристаллы); - особенности строения кристаллических решеток функциональных материалов, наиболее широко применяемых в настоящее время (металлы, кремний, полупроводниковые соединения AIIIBV, AIIIVI, AIVBVI, карбид кремния, металлоксидные полупро-

				водники с сенсорными свойствами, ферриты); - особенности химического и кристаллохимического строения наиболее перспективных функциональных наноматериалов (фуллерены, углеродные нанотрубки, графен, неорганические полимеры); Уметь: - использовать Периодический закон Д.И. Менделеева для систематики кристаллических структур неорганических простых веществ и химических соединений; - применять основные положения теории групп применительно к выводу точечных групп (классов симметрии); - применять основные свойства трансляционной симметрии для анализа кристаллических структур; - определять параметры кристаллической решетки в векторном и скалярном выражении; - определять базис и трансляционную группу кристаллов различных сингоний; - классифицировать кристаллические структуры бинарных и тройных соединений в зависимости от характера химической связи; - представлять кристаллические структуры простых веществ и соединений в виде связанных полиэдров (многогранников); - устанавливать взаимосвязь между типом химической связи, пространственным строением и физико-химическими свойствами веществ; - анализировать научно-популярные и научные статьи с целью получения новых экспериментальных данных об объектах, описание которых выходит за рамки классической кристаллохимии; - анализировать научно-популярные и научные статьи с целью изучения значимых достижений мировой кристаллографии в области изучения новых и нетрадиционных объектов (квазикристаллы, аperiodические кристаллы, несоразмерно модулированные структуры, несоразмерные композитные кристаллы); - сопоставлять и сравнивать особенности строения кристаллических решеток функциональных материалов, наиболее широко применяемых в настоящее время (металлы, кремний, полупроводниковые соединения AIII BV, AII BV, AIV BV, карбид кремния, металлоксидные полупроводники с сенсорными свойствами, ферриты); - сопоставлять и сравнивать особенности химического и кристаллохимического строения наиболее перспективных функциональных наноматериалов (фуллерены, углеродные нанотрубки, графен, неорганические полимеры); Владеть (иметь навык(и)): - методами построения сферических, стерео-
--	--	--	--	--

				графических и гномостереографических проекций кристаллических многогранников; - методами кристаллографического индизирования узлов, отрезков (ребер, направлений) и плоскостей (граней) в кристаллических структурах; - методами расчета энергии кристаллических решеток; - представлять кристаллические структуры простых веществ и соединений в виде связанных полиэдров (многогранников); - методами прогнозирования симметрии и строения кристаллических структур бинарных и тройных соединений в зависимости от характера химической связи; - методикой классификации кристаллических структур бинарных и тройных соединений в зависимости от характера химической связи; - методами анализа кристаллических структур простых веществ и химических соединений с позиций преобладающего типа химической связи в целях прогнозирования их функциональных свойств; - методами анализа кристаллических структур химических соединений с позиций положения элементов в Периодической таблице в целях прогнозирования и моделирования их функциональных свойств; - методами расчета энергии кристаллических решеток; - методами решения задач по структурной химии и кристаллохимии повышенной сложности.
--	--	--	--	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4 / 144.

12.1 Форма промежуточной аттестации - зачет с оценкой (дифференцированный зачет)

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			3 семестр	4 семестр	...
Контактная работа		36	36		
в том числе:	лекции	18	18		
	практические	18	18		
	лабораторные				
	курсовая работа				
Самостоятельная работа		108	108		
Промежуточная аттестация (для экзамена)					
Итого:		144	144		

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Цель, задачи и структура учебного курса. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Классы симметрии.	Предмет и задачи структурной химии и кристаллохимии. Симметрия в природе и творениях человека. Взаимосвязь симметрии и потенциальной энергии. Международная символика Германа – Могена. 32 класса симметрии.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
1.2	Основные положения теории групп в кристаллохимии. Трансляционная симметрия. Элементарные ячейки плоских сеток и пространственных решеток.	Матричные представления об элементах симметрии. Понятие группы. Порядок группы. Теорема Лагранжа. Символика Шенфлиса. Понятие надгруппы. Смежные классы. Квадрат Келли. Элементарная трансляция. Элементарные ячейки плоских сеток и пространственных решеток.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
1.3	Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии.	Элементы симметрии кристаллических структур: плоскости скользящего отражения, винтовые оси. Теоремы о сложности элементов симметрии кристаллических структур. 230 пространственных групп симметрии (Е.С. Федоров). Основные принципы вывода пространственных групп симметрии.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
1.4	Принцип симметрии в кристаллохимии. Кристаллографические отношения между пространственными группами. Прямая и обратная решетки. Рентгеновская дифракция.	Кристаллографические отношения между пространственными группами. Понятия о супергруппе и подгруппе. Максимальная подгруппа. Изоморфные подгруппы. Принцип симметрии в кристаллохимии. Древо Бернигхаузена. Понятия об аристотипе и геттотипе. Символика Уайкоффа. Отношения симметрии при фазовых переходах. Двойникование кристаллов. Элементарные ячейки Браве. Прямая и обратные решетки. Ячейка Вигнера–Зейтца. Зоны Бриллюэна.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
1.5	Квазикристаллы. Аперiodические кристаллы. Полиморфизм и фазовые переходы.	Аперiodические кристаллы. Несоразмерно модулированные структуры. Несоразмерные композитные кристаллы. Квазикристаллы. Диаграммы Пенроуза. Разупорядоченные кристаллы. Слоевые и стержневые группы. Критерии термодинамической и кинетической стабильности фаз. Полиморфизм. Классификация фазовых переходов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132

		Монокотропные и энантиотропные фазовые переходы. Правило Эренфеста.	
1.6	Классификация кристаллических структур. Вещества с ковалентным типом химической связи. Молекулярные структуры.	Классификация кристаллических структур. Гомодесмические и гетеродесмические структуры. Координационные, слоистые, цепочечные, молекулярные структуры. Свойства ковалентной связи. Валентное электронно-парное отталкивание. Элементы теории поля лигандов. Эффект Яна – Теллера.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
1.7	Структуры простых веществ, образованных неметаллами. Алмазоподобные структуры.	Правило Юм-Розери. Водород и галогены. Халькогены. Понятие и цисоиды и трансоиды. Пниктогены. Фосфор Гитторфа. Кубический и гексагональный алмаз. Графит. Интеркаляция слоистых структур. Бинарные соединения с алмазоподобной структурой. Правило Зоммерфельда. Влияние высокого давления. Правило Неухауза. Парадокс Клебера. Искаженные алмазоподобные решетки. Структуры оксида кремния (IV).	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
1.8	Полианионные и поликатионные соединения. Фазы Цинтля. Кристаллы с металлическим типом химической связи. Применение принципа упаковки шаров для различных соединений.	Обобщенное правило Музера–Пирсона. Полианионные соединения. Фазы Цинтля. Поликатионные соединения. Правило Гиллеспи – Найхольма. Кластерные соединения, их классификация. Электронные прецизионные кластеры. Кластеры Уэйда. Кластеры с междоузельными атомами. Конденсированные кластеры. Основные свойства металлической связи. Разупорядоченные и упорядоченные сплавы. Соединения Курнакова. Фазы Юм-Розери. Фазы Лавеса. Полиэдр Франка - Каспера.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
1.9	Кристаллы с ионным типом химической связи. Применение принципа упаковки шаров для различных соединений. Представление кристаллических структур с помощью склеенных полиэдров. Кристаллические структуры силикатов.	Основные свойства ионной связи. Поляризуемость ионов. Правила Фаянса. Пределы устойчивости ионных кристаллов. Энергия решетки ионного кристалла. Октаэдры с общими вершинами. Вольфрамовые бронзы. Октаэдры с общими ребрами. Октаэдры с общими гранями. Тетраэдры с общими вершинами. Слоистые силикаты. Хризотил. Антигорит. Цеолиты. Тетраэдры с общими ребрами.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
2. Практические занятия			
2.1	Цель, задачи и структура учебного курса. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Классы симметрии.	Предмет и задачи структурной химии и кристаллохимии. Симметрия в природе и творениях человека. Взаимосвязь симметрии и потенциальной энергии. Элементы симметрии первого и второго рода. Международная символика	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132

		Германа – Могена. 32 класса симметрии.	
2.2	Основные положения теории групп в кристаллохимии. Трансляционная симметрия. Элементарные ячейки плоских сеток и пространственных решеток.	Матричные представления об элементах симметрии. Понятие группы. Порядок группы. Теорема Лагранжа. Символика Шенфлиса. Понятие надгруппы. Смежные классы. Квадрат Келли. Элементарная трансляция. Элементарные ячейки плоских сеток и пространственных решеток. Условия выбора элементарных ячеек.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
2.3	Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии.	Элементы симметрии кристаллических структур: плоскости скользящего отражения, винтовые оси. Теоремы о сложении элементов симметрии кристаллических структур. 230 пространственных групп симметрии (Е.С. Федоров). Основные принципы вывода пространственных групп симметрии.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
2.4	Принцип симметрии в кристаллохимии. Кристаллографические отношения между пространственными группами. Прямая и обратная решетки. Рентгеновская дифракция.	Кристаллографические отношения между пространственными группами. Понятия о супергруппе и подгруппе. Максимальная подгруппа. Изоморфные подгруппы. Принцип симметрии в кристаллохимии. Древо Бернигхаузена. Понятия об аристотипе и геттотипе. Символика Уайкоффа. Отношения симметрии при фазовых переходах. Двойникование кристаллов. Элементарные ячейки Браве. Прямая и обратные решетки. Свойства обратной решетки. Элементарная ячейка Вигнера – Зейтца. Зоны Бриллюэна.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
2.5	Апериодические кристаллы. Квазикристаллы. Полиморфизм и фазовые переходы.	Апериодические кристаллы. Несоразмерно модулированные структуры. Несоразмерные композитные кристаллы. Диаграммы Пенроуза. Квазикристаллы. Разупорядоченные кристаллы. Слоевые и стержневые группы. Критерии термодинамической и кинетической стабильности фаз. Полиморфизм. Классификация фазовых переходов. Монокотропные и энантиотропные фазовые переходы. Правило Эренфеста.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
2.6	Классификация кристаллических структур. Вещества с ковалентным типом химической связи. Молекулярные структуры.	Классификация кристаллических структур. Гомодесмические и гетеродесмические структуры. Координационные, слоистые, цепочечные, молекулярные структуры. Свойства ковалентной связи. Валентное электронно-парное отталкивание. Элементы теории поля лигандов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132

		Эффект Яна – Теллера.	
2.7	Структуры простых веществ, образованных неметаллами. Алмазоподобные структуры.	Правило Юм-Розери. Водород и галогены. Халькогены. Понятие и цисоиды и трансоиды. Пниктогены. Фосфор Гитторфа. Кубический и гексагональный алмаз. Графит. Интеркаляция слоистых структур. Бинарные соединения с алмазоподобной структурой. Правило Зоммерфельда. Влияние высокого давления. Правило Неухауза. Парадокс Клебера. Искривленные алмазоподобные решетки. Структуры SiO ₂	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
2.8	Полианионные и поликатионные соединения. Фазы Цинтля. Кристаллы с металлическим типом химической связи. Применение принципа упаковки шаров для различных соединений.	Обобщенное правило Музера – Пирсона. Полианионные соединения. Фазы Цинтля. Поликатионные соединения. Правило Гиллесли – Найхольма. Кластерные соединения, их классификация. Электронные прецизионные кластеры. Кластеры Уэйда. Кластеры с междоузельными атомами. Конденсированные кластеры. Основные свойства металлической связи. Разупорядоченные и упорядоченные сплавы. Соединения Курнакова. Фазы Юм-Розери. Фазы Лавеса. Полиэдр Франка - Каспера.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132
2.9	Кристаллы с ионным типом химической связи. Применение принципа упаковки шаров для различных соединений. Представление кристаллических структур с помощью склеенных полиэдров. Кристаллические структуры силикатов.	Основные свойства ионной связи. Поляризуемость ионов. Правила Фаянса. Пределы устойчивости ионных кристаллов. Энергия решетки ионного кристалла. Октаэдры с общими вершинами. Вольфрамовые бронзы. Октаэдры с общими ребрами. Октаэдры с общими гранями. Тетраэдры с общими вершинами. Слоистые силикаты. Хризотил. Антигорит. Цеолиты. Тетраэдры с общими ребрами. Физические свойства кристаллов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Цель, задачи и структура учебного курса. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Классы симметрии.	2	2		12	16
2	Основные положения теории групп в кристаллохимии. Трансляционная симметрия.		2			

	Элементарные ячейки плоских сеток и пространственных решеток.	2			12	16
3	Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии.	2	2		12	16
4	Принцип симметрии в кристаллохимии. Кристаллографические отношения между пространственными группами. Прямая и обратная решетки. Рентгеновская дифракция.	2	2		12	16
5	Апериодические кристаллы. Квазикристаллы. Полиморфизм и фазовые переходы.	2	2		12	16
6	Классификация кристаллических структур. Вещества с ковалентным типом химической связи. Молекулярные структуры.	2	2		12	16
7	Структуры простых веществ, образованных неметаллами. Алмазоподобные структуры.	2	2		12	16
8	Полианионные и поликатионные соединения. Фазы Цинтля. Кристаллы с металлическим типом химической связи. Применение принципа упаковки шаров для различных соединений.	2	2		12	16
9	Кристаллы с ионным типом химической связи. Представление кристаллических структур с помощью склеенных полиэдров. Кристаллические структуры силикатов. Структура перспективных функциональных материалов. Наноструктуры.	2	2		12	16
	Итого:	18	18		108	144

13.3 Междисциплинарные связи с другими дисциплинами:

№ п/п	Наименование дисциплин учебного плана, с которым организована взаимосвязь дисциплины рабочей программы	№ № разделов дисциплины рабочей программы, связанных с указанными дисциплинами
1	Общая и неорганическая химия	1 - 17
2	Органическая химия	2 – 7, 9, 10, 16
3	Физическая химия	8 - 17

4	Физика	12, 13
5	Геометрия	1 - 14

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В учебном процессе используются несколько форм работы со студентами: Организация изучения дисциплины предполагает:

- проведение лекций,
- проведение практических работ,
- занятия в интерактивной форме (семинары - дискуссии),
- контрольные работы,
- внеаудиторная самостоятельная работа студентов.

Организационная структура лекционного занятия:

1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса.
2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы.
3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах.
4. Заключение, формулировка выводов.
5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура практического занятия:

1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов.
2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами.
3. Выполнение экспериментальной части работы.
4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита практической работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, а также в виде контрольных работ.

Контроль освоения теоретического материала проводится после прослушивания студентами лекционного материала по каждой теме в виде семинара (дискуссии) и выполнения домашних заданий. Выполнение домашних заданий контролирует лектор. Ежеженедельно студенты имеют возможность выяснять все вопросы, освоение которых вызывает трудности, на консультациях с лектором в специально отведенные для этого контактные часы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников).

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Мюллер У. Структурная неорганическая химия / У. Мюллер. – Долгопрудный : ИД «Интеллект». – 2010. – 356 с.

2	Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия / Ю.К. Егоров-Тисменко. - М. : Университет. Книжный Дом, 2012. – 587 с.
3	Самойлов А.М., Иевлев В.М. Структурная химия и кристаллохимия. Сборник задач и упражнений. Воронеж : ИПЦ Воронежского гос. ун-та, 2013. – 96 с.
4.	Шаров М.К., Даринский Б.М., Самойлов А.М., Кострюков В.Ф. Точечные группы симметрии кристаллов. Учебное пособие для вузов. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. - 38 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Чупрунов Е.В. Кристаллография / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фадеев.- М. : Физматлит, 2006. – 494 с.
5	Бокий Г.Б. Кристаллохимия / Г.Б. Бокий - М. : Наука, 1971. – 400 с.
6	Шаскольская М.П. Кристаллография / М.П. Шаскольская. – М. : Высшая школа, 1984. – 375 с.
7	Зоркий П.М. Симметрия молекул и кристаллических структур / П.М. Зоркий. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 232 с.
8	Угай Я.А. Общая и неорганическая химия / Я.А. Угай. – М. : Высшая школа, 2004. – 527 с.
9	Самойлов А.М. Современное содержание основных понятий кристаллохимии. Методическое пособие для студентов 1 к. хим. ф-та / А.М. Самойлов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2001. – 32 с.
10	Самойлов А.М. Современные методы исследования и описания кристаллических структур. Методическое пособие для студентов 1 к. хим. ф-та / А.М. Самойлов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2001. – 32 с.
11	Современная кристаллография / Под ред. Б.К. Вайнштейна: в 4-х т. М. : Наука, 1979. – Т. 1 – 337 с.; Т. 2 – 398 с.; Т. 3 – 364 с.; Т. 4 – 402 с.
12	Кребс Г. Основы кристаллохимии неорганических соединений / Г. Кребс. – М. : Мир, 1971. – 367 с.
13	Урусов В.С. Теоретическая кристаллохимия / В.С. Урусов. - М. : Изд-во МГУ, 1987. – 376 с.
14	Уэллс А. Структурная неорганическая химия / А. Уэллс: в 3-х т. М. : Мир, 1988. – Т. 1 – 405 с.; Т. 2 – 694 с.; Т. 3 – 563 с.

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

№ п/п	Источник
1	http://www.en.edu.ru/ - Естественно-научный образовательный портал - является составной частью федерального портала "Российское образование". Содержит ресурсы и ссылки на ресурсы по естественно-научным дисциплинам (физика, химия и биология).
2	http://window.edu.ru/ - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Самойлов А.М., Иевлев В.М. Структурная химия и кристаллохимия. Сборник задач и упражнений. Воронеж : ИПЦ Воронежского гос. ун-та, 2013. – 96 с.
2.	Шаров М.К., Даринский Б.М., Самойлов А.М., Кострюков В.Ф. Точечные группы симметрии кристаллов. Учебное пособие для вузов. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. - 38 с.
3	Самойлов А.М. Современное содержание основных понятий кристаллохимии. Методическое пособие для студентов 1 к. хим. ф-та / А.М. Самойлов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2001. – 32 с.
4	Самойлов А.М. Современные методы исследования и описания кристаллических структур. Методическое пособие для студентов 1 к. хим. ф-та / А.М. Самойлов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2001. – 32 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:

При реализации дисциплины используются классические образовательные технологии без замены аудиторных занятий (лекций и лабораторных занятий) на ДОТ. Основные типы лекций – вводные лекции (в начале изучения дисциплины) и информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации). Проведение текущих аттестаций и промежуточных аттестаций осуществляется в форме устного собеседования по КИМ. Самостоятельная работа по всем разделам предполагает выполнение обязательных письменных домашних заданий. ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10132>

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Персональные компьютеры с доступом в Интернет;
2. мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук;
3. Мультимедийные лекции по фундаментальным основам кристаллохимии © Alexander M. Samoylov 2017 - 2021;
4. Коллекция из 47 простых форм кристаллических многогранников;
5. Коллекция комбинаций простых форм кристаллических многогранников;
6. Коллекция природных минералов;
7. Коллекция синтетических кристаллов простых веществ, бинарных и многокомпонентных соединений;
8. Коллекция шаростержневых моделей элементов симметрии кристаллических многогранников и кристаллических структур;
9. Коллекция шаростержневых моделей элементов симметрии кристаллических многогранников и кристаллических структур;
10. Коллекция шаростержневых моделей кристаллических структур простых веществ, бинарных и многокомпонентных соединений;

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№	Наименование раздела	Компетенция(и)	Индикатор(ы)	Оценочные средства
---	----------------------	----------------	--------------	--------------------

п/п	дисциплины (модуля)		достижения компетенции	
1	Цель, задачи и структура учебного курса. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Классы симметрии.	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Семинарское занятие (дискуссия), тестовые задания, домашнее задание, решение задач
2	Основные положения теории групп в кристаллохимии. Трансляционная симметрия. Элементарные ячейки плоских сеток и пространственных решеток.	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Практическое занятие семинар (дискуссия), тестовые задания, домашнее задание, решение задач
3	Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии.	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Практическое занятие семинар (дискуссия), тестовые задания, домашнее задание, решение задач, контрольная работа
4	Принцип симметрии в кристаллохимии. Кристаллографические отношения между пространственными группами. Прямая и обратная решетки. Рентгеновская дифракция.	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Практическое занятие семинар (дискуссия), тестовые задания, домашнее задание, решение задач
5	Апериодические кристаллы. Квазикристаллы. Полиморфизм и фазовые переходы.	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Практическое занятие семинар (дискуссия), тестовые задания, домашнее задание, решение задач
6	Классификация кристаллических структур. Вещества с ковалентным типом химической связи. Молекулярные	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Практическое занятие семинар (дискуссия), тестовые задания, домашнее задание, решение задач

	структуры.			
7	Структуры простых веществ, образованных неметаллами. Алмазоподобные структуры.	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Практическое занятие семинар (дискуссия), тестовые задания, домашнее задание, решение задач
8	Полианионные и поликатионные соединения. Фазы Цинтля. Кристаллы с металлическим типом химической связи. Применение принципа упаковки шаров для различных соединений.	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Практическое занятие семинар (дискуссия), тестовые задания, домашнее задание, решение задач
9	Кристаллы с ионным типом химической связи. Представление кристаллических структур с помощью склеенных полиэдров. Кристаллические структуры силикатов. Структура перспективных функциональных материалов. Наноструктуры.	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2	Практическое занятие семинар (дискуссия), тестовые задания, домашнее задание, решение задач, контрольная работа
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного

опроса (индивидуальный опрос); лабораторные работы; оценки результатов практической деятельности (курсовая работа). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2.

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практикоориентированные задания, практические работы, тестовые задания, домашние задания, семинары (дискуссии), контрольные работы.

Перечень практических работ:

- 1) Элементы симметрии кристаллических многогранников. Классы симметрии;
- 2) Основные положения теории групп в кристаллохимии. Трансляционная симметрия. Элементарные ячейки плоских сеток и пространственных решеток;
- 3) Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии;
- 4) Принцип симметрии в кристаллохимии. Кристаллографические отношения между пространственными группами. Прямая и обратная решетки. Рентгеновская дифракция;
- 5) Аперриодические кристаллы. Квазикристаллы. Полиморфизм и фазовые переходы;
- 6) Классификация кристаллических структур. Вещества с ковалентным типом химической связи. Молекулярные структуры;
- 7) Структуры простых веществ, образованных неметаллами. Алмазоподобные структуры;
- 8) Полианионные и поликатионные соединения. Фазы Цинтля. Кристаллы с металлическим типом химической связи. Применение принципа упаковки шаров для различных соединений;
- 9) Кристаллы с ионным типом химической связи. Представление кристаллических структур с помощью склеенных полиэдров. Кристаллические структуры силикатов. Структура перспективных функциональных материалов. Наноструктуры.

Практические работы выполняются на занятии в течение 2 академических часов. За этот период студент должен, ознакомившись с порядком выполнения задания, при помощи преподавателя выполнить практическую часть работы, представить полученные результаты преподавателю и, если позволяет время, приступить к оформлению работы и формулировке выводов. Следующее практическое занятие студент начинает с представления оформленной работы, отчитывается по работе и получает следующее практическое задание.

Вопросы для домашнего задания формулирует лектор на лекционном занятии. На следующем лекционном занятии студенты представляют решение домашнего задания, занятие начинается с обсуждения вариантов решения.

Семинары (дискуссии) проводятся на практическом занятии, о чем преподаватель заранее сообщает обучающимся. Темы, по которым проводятся коллоквиумы, и программа к ним представлена в соответствующих методических

указаниях, рекомендованных студентам. По согласованию с обучающимися зачет с оценкой может проводиться в форме устной беседы или форме тестирования по основным разделам курса. Экзамен проводится только в устной форме.

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

20.3. Комплект заданий для контрольной работы № 1

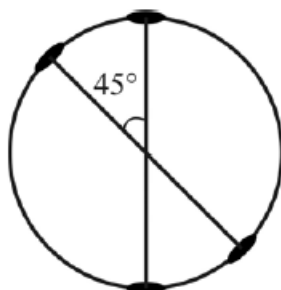
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОХИМИИ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

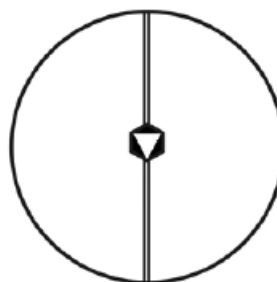
ВАРИАНТ № 1.

ЗАДАНИЕ 1. Дорисовать на проекции недостающие элементы симметрии, наличие которых вытекает из присутствующих элементов симметрии в соответствии с теоремами о сочетании элементов симметрии: - 20 баллов.

а)



б)



ЗАДАНИЕ 2. Пользуясь правилами кристаллографической установки в соответствующей системе координат, построить гномостереографические проекции следующих многогранников с указанием всех элементов симметрии и записать класс симметрии с помощью международной символики: - 20 баллов.

а) ромбический тетраэдр

б) пентагондодокаэдр



Примечание: 1) Грани ромбического тетраэдра - разносторонние треугольники.

ЗАДАНИЕ 3. Волластонит CaSiO_3 имеет элементарную ячейку, которая описывается следующими параметрами: $a = 0,7925$ нм, $b = 0,7320$ нм; $c = 0,7065$ нм; $\alpha = 91^\circ$; $\beta = 95,217^\circ$; $\gamma = 103,42^\circ$. Определить сингонию этого соединения, изобразить его элементарную ячейку, определить координатные направления и единичную грань. - 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 4. Привести в соответствие запись класса симметрии и формулы симметрии: - 10 баллов.

а) записать следующие формулы симметрии в виде классов симметрии, используя международную символику Германа-Могэна:

$L_4 2 L_2 2 P$ – ; $L_3 3 L_2 3 PC$ – ; $4 L_3 3 L_2 3 PC$ –

б) для следующих классов симметрии записать соответствующие формулы симметрии, используя символику Браве:

$\bar{4}3m$ – ; $\frac{4}{m}mm$ – ; $mm2$ – .

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Вариант №1

ЗАДАНИЕ 1. Элементы симметрии кристаллических структур: плоскости скользящего отражения. – *5 баллов.*

ЗАДАНИЕ 2. Привести в соответствие запись класса симметрии и формулы симметрии: – *10 баллов.*

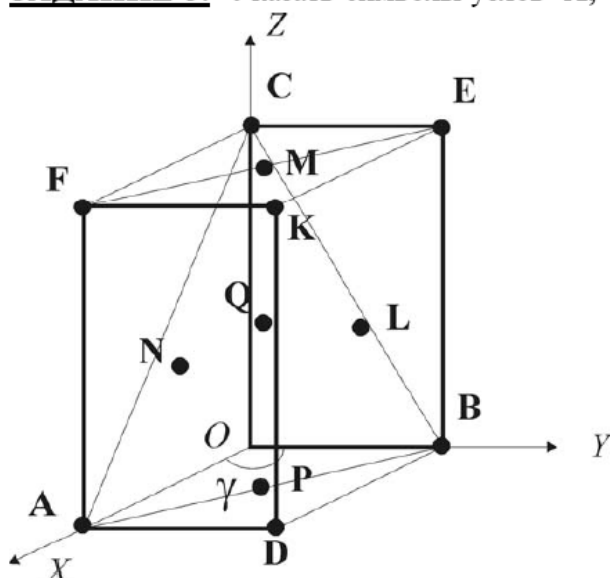
а) записать следующие формулы симметрии в виде классов симметрии, используя международную символику Германа-Могэна:

$$L_6 6L_2 7PC - ; \quad 3L_2 3PC - ; \quad 3L_4 4L_3 6L_2 - .$$

б) для следующих классов симметрии записать соответствующие формулы симметрии, используя символику Бравэ:

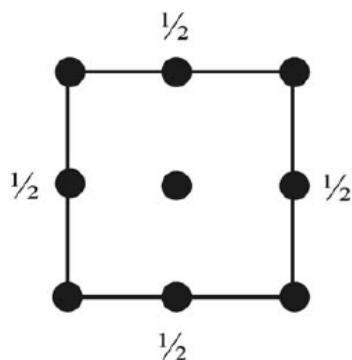
$$\bar{4}m2 - ; \quad \frac{2}{m} - ; \quad 622 - .$$

ЗАДАНИЕ 3. Указать символы узлов **A, B, C, F, Q, N, L, M, P**; ребер (направлений) **OA, OB, OC, OK, EF, BD, OF**, а также параметры Вейсса и индексы Миллера плоскостей (граней) **AFEB, AFKD, DKEB, OCEB, FCEK, AOBV, ACB** в кристалле тригональной сингонии (точки **N, L** – центры соответствующих граней **AFKD** и **DKEB**, точка **Q** – центр ромбической призмы). – *15 баллов.*



ЗАДАНИЕ 4. По представленным проекциям элементарных ячеек на плоскость **XOY** распознать данное вещество и определить: а) число формульных единиц в элементарной ячейке; б) координационные числа; в) координационные многогранники; г) число и типы пустот; д) элементы симметрии; е) базис и трансляционную группу; ж) пространственную группу симметрии – *20 баллов.*

(указаны координаты атомов, если они не лежат в плоскости **XOY**)



Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если: в контрольной работе тема раскрыта практически полностью, имеются лишь незначительные неточности;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если: в контрольной работе тема раскрыта, имеются лишь некоторые несущественные ошибки и недочеты;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в контрольной работе тема раскрыта не полностью, имеются значительные ошибки и недочеты;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в контрольной работе тема не раскрыта или имеются грубые ошибки, значительные неточности.

20.4. Промежуточная аттестация

20.4.1. Перечень вопросов к экзамену (зачету):

Билет № 1.

1. Место кристаллохимии среди остальных естественных наук.
Цели и задачи кристаллохимии.
2. Мозаика Пенроуза. Квазикристаллы.

Билет № 2.

1. Представления о симметрии как всеобщем явлении природы.
2. Плоскости скользящего отражения.

Билет № 3.

1. Агрегатное состояние вещества. Жидкие кристаллы.
2. Винтовые оси симметрии.

Билет № 4.

1. Макроскопический подход к изучению кристаллов. Признак однородности.
Признак анизотропии.
2. Теоремы о сочетании элементов симметрии кристаллических структур. Теорема 1 и
Теорема 2.

Билет № 5.

1. Классические законы кристаллографии. Закон постоянства двугранных углов.
Закон изоморфизма.
2. Теоремы о сочетании элементов симметрии кристаллических структур. Теорема 3 и
Теорема 5.

Билет № 6.

1. Полиморфизм.
2. Теоремы о сочетании элементов симметрии кристаллических структур. Теорема 4.

Билет № 7.

1. Монокристаллы и поликристаллы. Понятие об идеальном и реальном кристалле.
2. Общие представления о пространственных группах симметрии.

Билет № 8.

1. Элементы симметрии первого рода.
2. Примеры пространственных групп симметрии средней категории.

Билет № 9.

1. Элементы симметрии второго рода.
2. Примеры пространственных групп высшей категории.

Билет № 10.

1. Теоремы о сочетании элементов симметрии кристаллических многогранников.
2. Теория плотнейших шаровых упаковок.

Билет № 11.

1. Микроскопический подход к изучению кристаллов. Трансляционная симметрия. Пространственная решетка.
2. Координационные числа и координационные многогранники. «Эффективное» координационное число.

Билет № 12.

1. Метрика кристаллов низшей категории.
2. Политипия.

Билет № 13.

1. Метрика кристаллов средней категории.
2. Классификация кристаллических структур. Гомодесмические и гетеродесмические структуры.

Билет № 14.

1. Международная символика Германа-Могена. Понятие о классе (точечной группе) симметрии.
2. Координационные, слоистые, цепочечные, каркасные и островковые структуры.

Билет № 15.

1. Простые формы кристаллов низшей категории.
2. Понятие о структурных типах кристаллов.

Билет № 16.

1. Кристаллографическое индицирование. Символы узлов и узловых рядов (ребер и направлений).
2. Основные структурные типы металлов.

Билет № 17.

1. Символы плоскостей. Параметры Вейсса. Индексы Миллера.

2. Кристаллы с преимущественно ковалентным типом химической связи.

Билет № 18.

1. Понятие о 32 классах симметрии.
2. Общая характеристика кристаллических структур соединений с преимущественно ионным типом химической связи.

Билет № 19.

1. Основные структурные типы бинарных соединений состава АВ.
2. Общая характеристика кристаллических структур соединений с преимущественно металлическим типом химической связи.

Билет № 20.

1. Основные структурные типы бинарных соединений состава АВ₂.
2. Интерметаллиды. Соединения Курнакова. Фазы Лавеса.

Билет № 21.

1. Основные структурные типы тройных соединений: структура перовскита и шпинели.
2. Интерметаллиды. Фазы внедрения. Электронные соединения Юм-Розери.

Билет № 22.

1. Простые формы кристаллов средней категории.
2. Символика Пирсона.

Билет № 23.

1. Простые формы кристаллов высшей категории.
2. Аперiodические кристаллические структуры.

Билет № 24.

1. Вывод классов симметрии средней категории.
2. Квазикристаллы.

Билет № 25.

1. Комбинации простых форм кристаллических многогранников.
2. Особенности индексирования кристаллических структур гексагональной сингонии.

Билет № 26.

1. Категории и сингонии.
2. Вывод классов симметрии высшей категории.

Билет № 27.

1. Категории и сингонии.

2. Понятие о хиральной симметрии. Оптическая изомерия комплексных соединений.

Билет № 28.

1. Ионные радиусы. Таблицы ионных радиусов.
2. Представление кристаллических структур с помощью связанных полиэдров.

Билет № 29.

1. Стерические критерии устойчивости кристаллов с ионной связью.
2. Кристаллические структуры из связанных тетраэдров.

Билет № 30.

1. Кристаллографические проекции.
2. Кристаллические структуры из связанных октаэдров.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используются следующие показатели:

- 1) знание и понимание Периодического закона и основных положений и ;
- 2) знание и понимание основополагающих положений теории групп применительно к выводу точечных групп симметрии (классов симметрии) и пространственных групп симметрии;
- 3) знание и понимание принципов трансляционной симметрии кристаллических веществ;
- 4) знание и понимание отличий идеальной кристаллической решетки и реальной кристаллической структуры;
- 5) знание символики Браве, международной символики Германа-Могена, символики Шенфлиса,
- 6) знание основных положений теории групп к выводу точечных групп (классов симметрии) кристаллических многогранников;
- 7) знание элементов симметрии I и II рода кристаллических многогранников и элементов симметрии кристаллических многогранников;
- 8) знание теорем о сочетании элементов симметрии кристаллических многогранников;
- 8) знание методов кристаллографического индизирования узлов, ребер (направлений) и плоскостей (граней) кристаллических структур;
- 9) знание основных положений теории плотнейших шаровых упаковок и умение их применять при анализе кристаллических структур простых веществ и химических соединений;
- 10) знание новые экспериментальные данные об объектах, описание которых выходит за рамки классической кристаллохимии;
- 11) знание достижения мировой кристаллографии в области изучения новых и нетрадиционных объектов (квазикристаллы, апериодические кристаллы, несоразмерно модулированные структуры, несоразмерные композитные кристаллы);
- 12) владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – **отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно.**

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области фундаментальных основ кристаллохимии.	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области фундаментальных основ кристаллохимии, допускает ошибки и неточности при изложении конкретных фактов и теорий кристаллохимии, а также допускает незначительные ошибки при решении практических задач.	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен излагать основные законы и положения структурной химии и кристаллохимии, не умеет устанавливать связь между знаниями основ структурной химии и кристаллохимии и областями применения этих знаний, при решении практических задач допускает серьезные ошибки.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при решении практических задач.	---	Неудовлетворительно

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**Направление/специальность **04.04.02 Химия, физика и механика материалов**Дисциплина **Б1.О.07 Фундаментальные основы кристаллохимии**Профиль подготовки _____
в соответствии с Учебным планом

Форма обучения очная

Учебный год **2020/2021**

Ответственный исполнитель

Зав. кафедрой материаловедения и индустрии наносистем

Иевлев В.М. _____. 20__

Исполнители

Профессор кафедры материаловедения и индустрии наносистем

Самойлов А.М. _____. 20__

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП ВПО

по направлению/специальности _____ /Шестаков А.С./ _____. 20__

Зав. отделом обслуживания ЗНБ _____ _____. 20__

Программа рекомендована НМС химического факультета

протокол № 4 от 26.04.2019 г.