

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.05.2026 12:05:31
Уникальный программный ключ:
ca953a01204891083f939673078ef1a989aae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
Факультет физико-математических и естественных наук**
(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КРИСТАЛЛОХИМИЯ И ОСНОВЫ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

04.03.01 ХИМИЯ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ХИМИЯ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Кристаллохимия и основы рентгеноструктурного анализа» входит в программу бакалавриата «Химия» по направлению 04.03.01 «Химия» и изучается в 7 семестре 4 курса. Дисциплину реализует Кафедра общей и неорганической химии. Дисциплина состоит из 6 разделов и 21 тема и направлена на изучение основ современной кристаллохимии и рентгеноструктурного анализа.

Целью освоения дисциплины является изучение основ современной кристаллохимии: пониманию законов симметрии, кристаллического строения, основных понятий кристаллохимии, законов геометрической кристаллографии, решеток Браве, кристаллохимических особенностей основных типов химических соединений, полиморфизма и политипизма, изоморфизма, кристаллохимических закономерностей, основных принципов рентгендифракционных исследований в кристаллах, формирование научного мировоззрения, теоретической подготовки специалистов и приобретение практических навыков, способность видеть области применения этих законов, четко понимать их принципиальные возможности при решении конкретных задач.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Кристаллохимия и основы рентгеноструктурного анализа» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК-1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов, свойств веществ и материалов;; ОПК-1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии;;
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 теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности;; ОПК-3.2 Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности.;
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	ПК-1.1 Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования; ПК-1.2 Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности; ПК-1.3 Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин;
ПК-4	Способен использовать современные методы синтеза, установления структуры и исследования свойств и реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации	ПК-4.2 Владеет навыками использования современных методов и аппаратуры для изучения химических процессов, строения и свойств химических соединений;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Кристаллохимия и основы рентгеноструктурного анализа» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Кристаллохимия и основы рентгеноструктурного анализа».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	Учебная практика; Неорганическая химия; Аналитическая химия; Органическая химия; Физическая химия; Химическая технология; Строение вещества; Основы квантовой химии; Высокомолекулярные соединения; Компьютерные технологии в химии;	Научно -исследовательская работа; Избранные главы химии; Экспериментальные методы исследования в химии;
ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	Цифровая грамотность; Основы квантовой химии; Компьютерные технологии в химии;	Научно -исследовательская работа;
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	Учебная практика; Неорганическая химия; Аналитическая химия; Органическая химия; Физическая химия; Химическая технология; Введение в специальность; Строение вещества; Основы квантовой химии; Высокомолекулярные соединения; <i>Введение в химию координационных соединений**;</i> <i>Основы нанохимии**;</i> <i>Химия лекарственных веществ**;</i>	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика; Избранные главы химии; Экспериментальные методы исследования в химии;
ПК-4	Способен использовать современные методы синтеза, установления структуры и исследования свойств и реакционной	Неорганическая химия; Органическая химия; Аналитическая химия; Физическая химия;	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика; Экспериментальные методы исследования в химии;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации		

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Кристаллохимия и основы рентгеноструктурного анализа» составляет «5» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			7
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	108		108
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	72		72
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	36		36
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	36		36
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	180	180
	зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Симметрия и морфология кристалла	1.1	Понятие о кристаллическом веществе. Кристаллохимия и ее связь с другими науками. Закон постоянства углов. Гониометрия.	Введение понятия о кристаллическом веществе. Кристаллохимия и ее связь с другими науками. Этапы кристаллохимии. Виды состояния твердого вещества. Основные свойства кристаллов. Закон постоянства углов. Гониометрия. Элементы симметрии. Теоремы сложения элементов симметрии.	ЛК
		1.2	Сетка Вульфа. Закон рациональности отношений параметров. Символы граней.	Сетка Вульфа. Закон рациональности отношений параметров. Символы граней. Решение кристаллографических задач с помощью сетки Вульфа. Определение координат точки на сетке. Определение угла между 2 точками (между 2 гранями). Нанесение плоскостей и определение угла между ними.	ЛК, ЛР
		1.3	Симметрия кристаллических многогранников. 32 точечные группы симметрии.	Стереографические проекции элементов симметрии и граней многогранников. 32 точечные группы симметрии. Построение стереографических проекций элементов симметрии соответствующих точечных групп.	ЛК, ЛР
		1.4	Сингонии, категории и точечные группы симметрии. Простые формы и комбинации.	Сингонии, категории и точечные группы симметрии. Простые формы и комбинации. Установка кристаллов. Стереографические проекции элементов симметрии и граней многогранников. Реальные формы. Реальные формы природных и искусственных кристаллов.	ЛК, ЛР
Раздел 2	Учение о кристаллических структурах	2.1	Кристаллическая решетка. Трансляция. Элементарная ячейка.	Понятие пространственной (кристаллической) решетки. Узел, узловой ряд, узловая сетка, узловая решетка. Трансляция. Одномерная, двухмерная и трехмерная решетка. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца.	ЛК
		2.2	Четырнадцать типов решеток Бравэ.	Четырнадцать типов пространственных решеток Бравэ. Индексы и символы узлов, узловых рядов, узловых сеток. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Геометрические константы сингоний.	ЛК, ЛР
		2.3	Симметрия в кристаллическом пространстве. Федоровские (пространственные) группы симметрии	Симметрия в кристаллическом пространстве. Открытые элементы симметрии. Винтовые оси. Плоскости скользящего отражения. Федоровские (пространственные) группы симметрии. Обозначение пространственных групп симметрии. Распределение их по сингониям, характерные их элементы	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				симметрии.	
		2.4	Правильные системы эквивалентных точек. Координационное число и координационный полиэдр (многогранник).	Правильные системы эквивалентных точек. Подсчет числа формульных единиц в ячейке. Координационное число и координационный полиэдр (многогранник). Тетра- и октаэдрические пустоты. Поляризация ионов. Правило Магнуса. Пределы устойчивости координационных полиэдров.	ЛК, ЛР
		2.5	Плотнейшие шаровые упаковки. Структурные типы	Виды упаковок. Плотнейшие шаровые упаковки – гексагональная и кубическая. Характеристика плотнейших упаковок шаров. Структурные типы.	ЛК, ЛР
Раздел 3	Основы рентгеноструктурного анализа	3.1	Рентгеновские лучи. Дифракция рентгеновских лучей.	Рентгеновские лучи. Устройство рентгеновских трубок. Природа тормозного и характеристического спектра. Некоторые основные свойства рентгеновских лучей. Дифракция рентгеновских лучей. Параметры электромагнитной волны.	ЛК
		3.2	Уравнение Лауэ. Уравнение Вульфа-Брэгга. Методы рентгенографии.	Индексы узловых сеток. Межплоскостные расстояния. Уравнение Вульфа-Брэгга. Трехмерное уравнение дифракции Лауэ. Методы рентгенографии. Знакомство с устройством рентгеновского дифрактометра. Приготовление образцов для исследований. Первичная обработка дифрактограмм.	ЛК, ЛР
		3.3	Рентгенофазовый анализ.	Идентификация фаз. Рентгенофазовый анализ. Знакомство с базами рентгенодифракционных данных. Определение параметров элементарной ячейки исследуемых веществ. Порошковая рентгеновская дифракция и задачи. Задачи рентгеноструктурного анализа кристаллов.	ЛК, ЛР
Раздел 4	Полиморфизм. Изоморфизм	4.1	Полиморфизм. Изоморфизм и изоструктурность. Сверхструктуры.	Полиморфизм, различные типы полиморфизма. Структурная классификация типов полиморфизма. Изоморфизм и изоструктурность. Изоморфное замещение. Условия изоморфизма. Условие В.М. Гольдшмита. Изо- и гетероизоморфизм. Сверхструктуры	ЛК, ЛР
Раздел 5	Химическая связь и кристаллическая структура	5.1	Металлическая связь в кристаллах. Металлы и Сплавы. Интерметаллические соединения. Твердые растворы.	Металлическая связь в кристаллах. Металлическая связь. Основные структурные типы металлов: медь, магний, альфа-железо и др. Применение теории шаровой плотнейшей упаковки для описания структур. Аномальные металлические структуры. Связь кристаллической структуры металлов с их физическими свойствами. Сплавы. Интерметаллические соединения. Классификация кристаллических структур	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				интерметаллических соединений и сплавов. Твердые растворы.	
		5.2	Ионная связь в кристаллах. Основные структурные типы бинарных, тройных ионных соединений. Кристаллохимия силикатов. Структуры кристаллогидратов	Ионная связь в кристаллах. Ионная связь. Энергия ионных структур. Применение теории плотнейших шаровых упаковок для описания ионных структур. Правило Полинга. Ионные радиусы. Зависимость между соотношением ионных радиусов и координационным числом, правило Магнуса. Поляризация ионов, ее влияние на межатомные расстояния и координацию. Основные структурные типы бинарных, тройных ионных соединений. Структуры двойных окислов и двойных галогенидов. Структурные типы шпинели, перовскита, пироклора. Особенности структур со сложными ионами. Структуры нитратов, карбонатов, сульфатов. Кристаллохимия силикатов. Структуры кристаллогидратов.	ЛК, ЛР
		5.3	Ковалентная связь в кристаллах. Координационное число в ковалентных структурах.	Ковалентная связь в кристаллах. Природа ковалентной связи. Энергии связей. Длины связей, валентные углы. Ковалентные радиусы. Координационное число в ковалентных структурах. Типичные ковалентные структуры: алмаз, графит. Кубический и гексагональный нитрид бора и т.п	ЛК, ЛР
		5.4	Ван-дер-ваальсовы и водородные связи в кристаллах. Молекулярные структуры. Жидкие кристаллы	Ван-дер-ваальсовы и водородные связи в кристаллах. Природа ван-дер-ваальсовой связи. Водородная связь, ее особенности. Энергии ван-дер-ваальсовой и водородной связей. Ван-дер-ваальсовы (межмолекулярные) радиусы. Молекулярные структуры. Молекулярные кристаллические структуры простых веществ. Принцип плотнейшей упаковки в молекулярных кристаллах. Понятия о дипольных структурах. Жидкие кристаллы	ЛК, ЛР
Раздел 6	Физико-химические свойства кристаллов	6.1	Механические свойства кристаллов.	Факторы, влияющие на физико-химические свойства кристаллов. Особенности механических свойств кристаллических тел: твердость, спайность, упругость, способность к деформации, теплопроводность. Шкала Мооса. Пьезоэлектричество. Пироэлектричество.	ЛК
		6.2	Оптические свойства кристаллов. Электрические и магнитные свойства кристаллов.	Зависимость скорости света от плотности среды. Зависимость скорости света от структуры. Показатель преломления. Индикатрисы. Оптические свойства кристаллов. Устройства поляризованного микроскопа. Наблюдения в обычном и поляризованном свете. Правило Бекке. Метод определения	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				показателей преломления с помощью иммерсионных жидкостей. Электрические свойства: проводники, полупроводники и диэлектрики. Магнитные свойства кристаллов: диамагнитные, парамагнитные, ферромагнитные и антиферромагнитные кристаллы. Схема магнитных структур: диамагнетика; парамагнетика; ферромагнетика; антиферромагнетика; антиферромагнетика, скомпенсированного антиферромагнитного минерала; ферромагнитного минерала с неравенством магнитных моментов антипараллельно ориентированных атомов.	
		6.3	Идеальные и реальные кристаллы.	Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты. Дислокации.	ЛК, ЛР
		6.4	Кристаллохимические закономерности в периодической системе Д.И. Менделеева	Изучение основных наблюдаемых кристаллохимических закономерностей в периодической системе Д.И. Менделеева.	ЛК, ЛР

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Проектор, ноутбук или мультимедийная доска
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	Наборы многогранников, решеток Браве и кристаллических решеток, Рентгеновские дифрактометры для поликристаллических исследований Tongda TD-3700, TDM-20, ДРОН-7, компьютеры. Пакет программ для расчета кристаллохимических характеристик, разработанных в лаборатории рентгенографии и кристаллохимии РУДН.
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Лаборатория рентгенографии и кристаллохимии 115, 117

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Бокий Г.Б. Кристаллохимия [Текст] / Г.Б. Бокий. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1971. - 400 с.
2. Урусов В.С. Теоретическая кристаллохимия [Текст] : Учебник для вузов / В.С. Урусов. - М. : Изд-во МГУ, 1987. - 272 с.
3. Словохотов Ю.Л. Основы кристаллохимии: учебное пособие / Словохотов Ю.Л. – М.: «КДУ», «Добросвет», 2021. – ISBN 978-5-91304-875-2. - doi: 10.31453/kdu.ru.91304.0051 URL: <https://bookonlime.ru/node/4550/>

Дополнительная литература:

1. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия : Учебник для вузов

/ Ю.К. Егоров-Тисменко. - М. : КДУ, 2005. - 592 с. : ил. - ISBN 5-98227-095-4 : 550.00

2. Басалаев Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия : учебное пособие / Ю.М. Басалаев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. - 403 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8353-1712-7

3. Лобанов Лабораторный практикум по курсу "Рентгендифракционные методы в неорганической химии" : Для студентов-химиков 5 курса / Н.Н. Лобанов, В.П. Полякова. - М. : Изд-во РУДН, 2007. - 118 с. : ил. - ISBN 978-5-209-02725-6 : 80.00

4. Асланов Л.А. Структуры веществ [Текст] / Л.А. Асланов. - М. : Изд-во МГУ, 1989. - 161 с. - ISBN 5-211-01403-0 : 0.55

5. Пугачев В.М. Кристаллохимия: учебное пособие / В.М. Пугачев. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. - 104 с. - ISBN 978-5-8353-1322-8
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=232461

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- International Union of Crystallography <http://www.iucr.org>

- Sage <https://journals.sagepub.com/>

- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>

- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>

- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Кристаллохимия и основы рентгеноструктурного анализа».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИК:

доцент кафедры общей и
неорганической химии

Должность, БУП

Подпись

Лобанов Николай
Николаевич

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой общей и
неорганической химии

Должность БУП

Подпись

Хрусталеv Виктор
Николаевич

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой общей и
неорганической химии

Должность, БУП

Подпись

Хрусталеv Виктор
Николаевич

Фамилия И.О.