

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.С. КУРНАКОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИОНХ РАН)



## Рабочая программа дисциплины Неорганическая химия

**Шифр и наименование области науки:** 1. Естественные науки

**Шифр и наименование группы научных специальностей:** 1.4. Химические науки

**Шифр и наименование научной специальности:**  
1.4.1. Неорганическая химия

**Форма обучения:** очная

**Нормативный срок обучения:** 4 года

Москва  
2026 г.

## 1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины Неорганическая химия разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951.

Изучение дисциплины Неорганическая химия в соответствии с учебными планами подготовки аспирантов осуществляется в течение 2-го курса обучения в аспирантуре и завершается сдачей кандидатского минимума.

Целью учебного курса Неорганическая химия является расширение и углубление знаний аспирантами основных теоретических понятий современной неорганической химии, современных воззрений на природу химической связи в неорганических соединениях, закономерностей превращений веществ в растворах и твердой фазе.

Основными задачами изучения учебного курса являются формирование у аспирантов углубленных знаний по основным разделам общей, неорганической и физической химии, без понимания и освоения которых невозможна подготовка высококвалифицированных специалистов.

## 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина Неорганическая химия относится к образовательному компоненту программы аспирантуры, является обязательной для освоения.

Эта дисциплина является продолжением основополагающих дисциплин «Неорганическая химия» и «Физическая химия», изучаемых в вузах.

В курсе рассматриваются понятия и принципы теоретической неорганической химии, обсуждаются общие закономерности протекания химических реакций, основные понятия химии растворов, систематизируются знания обучающихся по методам и подходам современного неорганического синтеза. Основной целью изучения дисциплины является углубленное ознакомление аспирантов с основополагающими принципами неорганической химии.

## 3. Структура и основное содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачётных единиц (288 часов).

### 3.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Пр.	КСР		

1.	Неорганическая химия	288	116	60	56	-	-	172	Кандидатский экзамен по дисциплине
----	----------------------	-----	-----	----	----	---	---	-----	------------------------------------

### 3.2. Содержание дисциплины

#### 3.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Фундаментальные основы неорганической химии	12	11	-	-	33
2	Химия элементов	12	11	-	-	33
3	Комплексные и координационные соединения	12	11	-	-	33
4	Современные проблемы химии	12	11	-	-	33
5	Рентгеноспектральный анализ	6	6	-	-	20
6	Рентгеноструктурный анализ	6	6	-	-	20

#### 3.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения занятий
1.	Фундаментальные основы неорганической химии			
1.1.	Периодический закон Д.И.Менделеева и строение атома	Современная формулировка периодического закона, закон Мозли. Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов. Границы Периодической системы. Перспективы открытия новых элементов. Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений – оксидов, гидроксидов, гидридов, галогенидов, сульфидов, карбидов, нитридов и боридов.	12	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
1.2.	Химическая связь и строение молекул	Метод валентных связей (МВС). Метод молекулярных орбиталей (ММО). Многоцентровые МО, гипервалентные и электронодефицитные молекулы. Принцип изолобального соответствия. Корреляционные диаграммы. Ионная модель строения кристаллов, образование ионных кристаллов как результат ненаправленности и ненасыщаемости ионных взаимодействий. Ионный радиус. Основные типы кристаллических структур, константа Маделунга, энергия ионной решетки. Введение в зонную теорию. Образование зон – валентной и проводимости из атомных и молекулярных орбиталей, запрещенная зона. Металлы и диэлектрики. Границы применимости зонной теории.	12	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

1.3.	Общие закономерности протекания химических реакций	Основные понятия и задачи химической термодинамики как науки о превращениях энергии при протекании химических реакций. Обратимые и необратимые процессы. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций в изолированных и открытых системах. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем. Гомогенный и гетерогенный катализ. Понятие о цепных и колебательных реакциях.	12	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
1.4.	Растворы и электролиты	Современные представления о природе растворов. Особенности жидких растворов. Порядок в жидкостях, структура воды и водных растворов. Специфика реакций в водных и неводных растворах. Теория электролитической диссоциации. Современные взгляды на природу кислот и оснований. Основные понятия теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Динамическое равновесие в насыщенных растворах малорастворимых сильных электролитов и факторы, его смещающие. Электрохимические свойства растворов. Сопряженные окислительно-восстановительные пары. Электродный потенциал. Окислительно-восстановительные реакции и их направление. Уравнение Нернста. Диаграммы Латимера и Фроста. Электролиз. Коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов. Изотонический коэффициент. Закон Рауля. Криоскопия и эбуллиоскопия, осмос.	12	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
1.5.	Основы и методы неорганического синтеза	Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы, использования надкритического состояния. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез. Твердофазный синтез и его особенности; использование механохимической активации. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Фотохимические и электрохимические методы синтеза. Применение вакуума и высоких давлений в синтезе. Основные методы разделения и очистки веществ. Методы выращивания монокристаллов и их классификация.	8	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
2.	Химия элементов			
2.1.	Химия s-элементов	Особое положение водорода в Периодической системе. Изотопы водорода. Орто- и параводород. Гидриды и их классификация. Окислительно-восстановительные свойства водорода. Вода – строение молекулы и структура жидкого состояния. Структура льда, клатраты. Пероксид водорода, его получение,	12	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		строение и окислительно-восстановительные свойства. Общая характеристика. Основные классы химических соединений. Нерастворимые соли. Особенности химии лития. Особенности комплексообразования металлов. Особенности химии бериллия, магния и радия. Сходство химии бериллия и лития.		
2.2.	Химия р-элементов	Положение р-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди р-элементов. Закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах. Особенности химии р-элементов.	11	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
2.3.	Химия d-элементов	Положение d-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность d-элементов к комплексообразованию. Закономерности изменения свойств металлов в 4, 5 и 6 периодах. Природа d-сжатия и ее следствия. Особенности химии d-элементов.	11	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
2.4.	Химия f-элементов	Особенности строения электронных оболочек атомов. Лантанидное и актинидное сжатие. Сходство и различие лантанидов и актинидов. Внутренняя периодичность в семействах лантанидов и актинидов. Комплексные соединения лантанидов. Сопоставление d- и f-элементов 3 группы.	11	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
2.5.	Семейство актинидов	Обоснование актинидной теории. Методы получения и физико-химические свойства актинидов. Особенности разделения актинидов. Степени окисления актинидов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений актинидов – получение и свойства. Комплексные соединения актинидов. Особенности химии тория и урана. Сопоставление актинидов с d-элементами 6-го периода. Применение актинидов и их соединений. Перспективы синтеза трансактинидов.	11	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
3.	Комплексные и координационные соединения			
3.1.	Современная координационная химия	Обзор способности элементов к комплексообразованию в зависимости от их положения в Периодической системе Д.И. Менделеева. Различия между координационными и металлоорганическими соединениями. Основные типы лигандов, наиболее часто используемые при синтезе координационных соединений. Вопросы токсичности неорганических соединений. Диагностика заболеваний. Пути лечения препаратами на основе координационных соединений металлов. Комплексные соединения платины как противоопухолевые препараты.	11	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
3.2.	Строение координационных соединений	Образование координационных соединений в рамках ионной модели и представлений Льюиса. Теория мягких и жестких кислот и оснований	12	Лекции, лабораторные работы,

		Пирсона, уравнение Драго-Вейланда. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие. Константы устойчивости комплексов. Лабильность и инертность. Энтропийный вклад в энергетическую устойчивость комплексов, сольватный эффект, хелатный эффект, правила циклов Л.А. Чугаева.		самостоятельная работа аспиранта
3.3.	Механизмы реакций в координационной химии	Внутрисферный и внешнесферный механизм. Механизм сложных окислительно-восстановительных процессов. Понятие о диссоциативном, ассоциативном и обменном механизмах. Влияние природы лиганда, типа растворителя, стерических факторов на механизм процесса. Проблема геометрии переходного состояния. Реакции с переносом заряда. Процессы электронного переноса в неорганических, органических и биоорганических макромолекулах. Реакции замещения в тетраэдрических и плоскоквадратных комплексах. Стереохимия замещения. Транс-влияние И.И. Черняева, цис-эффект А.А. Гринберга. Внутрисферные реакции лигандов. Реакции координированных лигандов. Гомогенный металлокомплексный катализ. Понятие о каталитическом цикле. Типы каталитических реакций и классы координационных соединений, проявляющие каталитические свойства.	11	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
3.4.	Металлоорганические соединения	Карбонилы и их аналоги, алкильные и арильные комплексы, карбеновые комплексы, карбиновые комплексы, олефиновые и ацетиленовые комплексы, аллильные и диеновые комплексы, циклопентадиенильные комплексы, металлоцены, ареновые и циклооктатетраеновые комплексы.	11	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
3.5.	Кластерные соединения	Основные понятия кластерной химии. Принципиальные отличия кластерных соединений от одноцентровых координационных комплексов. Классификация кластеров по их нуклеарности, геометрии и топологии. Клозо-кластеры, нидо-кластеры, арахо-кластеры. Особенности основных типов кластерных соединений. Кластеры с внутривещными атомами. Электронная структура и реакционная способность кластерных комплексов переходных металлов. Кластеры с локализованными связями. Кластерные соединения неметаллов, их строение и реакционная способность. Кластеры с многоцентровыми связями. Основные аспекты практического применения кластерных соединений.	11	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
4.	Современные проблемы химии			
4.1.	Основные понятия супрамолекулярной химии	Молекулярное распознавание, основные типы: сферическое, тетраэдрическое, линейное распознавание. Связывание и распознавание катионных, анионных и нейтральных	9	Лекции, лабораторные работы, самостоятел

		<p>субстратов. Множественное распознавание в металлорецепторах. Молекулярная динамика. Супрамолекулярная реакционная способность и катализ. Реакции с участием рецепторов катионов и анионов. Биомолекулярный и абиотический катализ.</p> <p>Процессы переноса. Гетерогенное молекулярное распознавание.</p> <p>Переключающие устройства.</p>		<p>льная работа аспиранта</p>
4.2.	Супрамолекулярные ансамбли и их свойства	<p>Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Супрамолекулярная электрохимия. Молекулярные провода.</p> <p>Самопроцессы – запрограммированные супрамолекулярные системы. Самосборка неорганических и органических структур. Супрамолекулярная химия полимеров. Принципы самораспознавания. Хемиионика (химические машины).</p> <p>Перспективы применения супрамолекулярных систем в катализе, химии, биологии, технике.</p>	9	<p>Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта</p>
4.3.	Основы наносистем и нанотехнологии	<p>Наносистемы. Классификация объектов нанохимии: наночастицы из атомов инертных газов, наночастицы металлов, нанотрубки, фуллерены, ионные кластеры, фрактальные кластеры, молекулярные кластеры. Химические нанореакторы.</p> <p>Химическая связь и квантоворазмерные эффекты наночастиц. Кристаллическая решетка, диполь-дипольное взаимодействие. Магнитные характеристики наночастиц, ферритин.</p>	9	<p>Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта</p>
4.4.	Получение наночастиц	<p>Диспергационные и конденсационные методы. Стабилизатор наночастиц. Электровзрывной метод получения наночастиц. Консервация наночастиц. Химический синтез наносистем. Особенности химических свойств наночастиц и нанокластеров. Химическое восстановление для получения наночастиц металлов в жидкой фазе. Реакции в дендримерах. Радиационно-химическое восстановление. Фотохимический синтез. «Золь-гель» метод. Методы получения наночастиц металла.</p>	9	<p>Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта</p>
4.5.	Наноматериалы и перспективы их применения	<p>Факторы, определяющие уникальные свойства наноматериалов. Уникальные свойства наноматериалов. Нанопорошки. Аморфное состояние. Аморфно-нанокристаллическое состояние. Нанопористый углерод. Полимерные нанокомпозиты. Нанокомпозиты с сетчатой структурой. Слоистые нанокомпозиты. Нанокомпозиты, содержащие металл или полупроводник. Молекулярные нанокомпозиты. «Умные» наноматериалы. Биомиметические наноматериалы (биомиметики).</p>	9	<p>Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта</p>
4.6.	Нанохимия и нанобиотехнология	<p>Нанохимия и нанобиотехнология. Направления развития нанобиотехнологии. «Сухие» и «мокрые» нанотехнологии. Получение искусственных наноструктур на основе биомолекул. Наномотор с небιологическими элементами. Генная инженерия. Рекомбинантная</p>	11	<p>Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта</p>

		ДНК. Метод введения биоматериалов в живые клетки. Моделирование наноструктур с использованием молекул нуклеиновых кислот.		
5.	Рентгеноспектральный анализ			
5.1.	Физические основы рентгеноспектрального анализа	Характеристические рентгеновские спектры. Правило Мозли. Систематика рентгеновских линий. Интенсивность линий характеристического спектра. Спектральные серии. Излучательные и безызлучательные переходы, выход флуоресценции. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Фотоэлектрическое поглощение. Края поглощения. Скачки поглощения. Структура краев поглощения. Рассеяние рентгеновского излучения в веществе. Эффект Комптона. Массовый коэффициент ослабления рентгеновского излучения в веществе. Прохождение пучка электронов через вещество. Непрерывный спектр, тормозное излучение. Интенсивность и спектральное распределение тормозного излучения. Вторичные процессы в веществе – вторичная флуоресценция. Взаимодействие ионов с веществом.	6	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
5.2.	Аппаратура для рентгеноспектрального анализа	Источники рентгеновского излучения: рентгеновские трубки, радиоактивные источники, возбуждение пучком ионов, синхротронное излучение. Детекторы рентгеновского излучения: газоразрядные пропорциональные счетчики, сцинтилляционные детекторы, полупроводниковые детекторы. Способы разложения рентгеновского излучения в спектр – спектрометры с волновой и энергетической дисперсией. Методы выделения аналитического сигнала в приборах с волновой и энергетической дисперсией. Основные блоки и узлы спектрометров, применяемых в рентгеноспектральном анализе. Лабораторные приборы, переносные и портативные приборы, приборы для контроля технологических процессов, станции для синхротронов и ускорителей ионов. Обзор приборов основных современных производителей. Сравнение характеристик.	4	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
5.3.	Рентгенофлуоресцентный анализ	Общая схема рентгенофлуоресцентного спектрометра. Фон в рентгенофлуоресцентном анализе. Генерация аналитического сигнала. Интерпретация спектров для спектрометров с волновой и энергетической дисперсией. Спектральные артефакты. Качественный анализ по рентгеновским спектрам. Количественный анализ. Аналитический сигнал. Интенсивность рентгеновской флуоресценции и интенсивность фона. Предел обнаружения в рентгенофлуоресцентном анализе. Уравнение Шермана. Матричные эффекты в рентгенофлуоресцентном анализе: поглощение аналитической линии материалом пробы,	6	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		<p>поглощение первичного излучения, вторичная и кратная флуоресценция, химический сдвиг и др. Способы количественного анализа: методы внешнего и внутреннего стандарта. Расчетный способ построения градуировочной характеристики – метод фундаментальных параметров. Уравнения регрессии. Способ стандарта-фона. Способ теоретических поправок. Математическое моделирование процесса анализа. Системы типа «виртуальный прибор».</p> <p>Насыщенные и ненасыщенные пробы. Анализ тонких пленок.</p> <p>Подготовка проб для рентгенофлуоресцентного анализа. Влияние гранулометрического состава пробы на аналитический сигнал. Способы изготовления квазиоднородных излучателей – размол-прессование, плавление. Погрешности, обусловленные подготовкой проб.</p> <p>Рентгенофлуоресцентный анализ жидкостей. Преимущества и недостатки.</p> <p>Определение форм нахождения элементов в твердой пробе по спектрам рентгеновской флуоресценции.</p> <p>Метрологические характеристики рентгенофлуоресцентного анализа.</p>		
5.4.	Электроннозондовый микроанализ	<p>Основные принципы электроннозондового микроанализа. Схема прибора. Спектрометры с волновой и энергетической дисперсией в микроанализе. Микроанализатор и растровый электронный микроскоп. Генерация рентгеновского излучения сфокусированным пучком электронов. Пробег электронов в веществе. Локальность возбуждения и область, из которой регистрируется аналитический сигнал. Фон в электроннозондовом микроанализе, пределы обнаружения по массовой доле и по массе аналита. Предельная локальность определений.</p> <p>Качественный анализ.</p> <p>Количественный анализ. Основные матричные эффекты – эффект атомного номера, эффект вторичной флуоресценции и эффект поглощения. Количественные модели взаимодействия электронов с веществом – основа расчетного способа построения градуировочных характеристик. Программы расчёта содержаний по экспериментальным спектрам: ZAF- коррекция, PAP- коррекция, φρZ- коррекция. Библиотеки спектров. «Безэталонный анализ».</p> <p>Предельные возможности электроннозондового микроанализа. Микроанализ в просвечивающей электронной микроскопии.</p>	6	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
5.5.	Специальные методы рентгеноспектрального анализа	<p>Локальный рентгенофлуоресцентный анализ на приборах с капиллярной оптикой. Трансформация первичного спектра. Дифракционные пики во вторичном спектре.</p> <p>Рентгенофлуоресцентный анализ с</p>	4	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа

		использованием синхротронного излучения и потоков ионов.		аспиранта
5.6.	Рентгеноспектральный анализ важнейших объектов	Применение рентгеноспектральных методов в неорганической химии. Анализ сплавов, минерального сырья, геологических объектов. Применения для анализа объектов окружающей среды, контроля качества нефти.	6	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.	Рентгеноструктурный анализ			
6.1.	Физические основы генерации рентгеновского излучения	Характеристические рентгеновские спектры. Правило Мозли. Систематика рентгеновских линий. Интенсивность линий характеристического спектра. Спектральные серии. Излучение рентгеновских трубок и вращающихся анодов. Материалы анодов и методы их охлаждения. Угол отбора. Монохроматоры и рентгеновские фильтры, коллимация пучков. Поляризация рентгеновского излучения. Юстировка источников излучения. Спектр синхротронного излучения. Полное внешнее отражение. Лазеры на свободных электронах.	6	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.2.	Физические основы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом	Рассеяние рентгеновского излучения в веществе. Эффект Комптона. Массовый коэффициент ослабления рентгеновского излучения в веществе. Дифракция рентгеновского излучения на кристаллических решетках. Условие Брегга-Вульфа. Амплитуды атомного рассеяния. Распределение электронной плотности и структурные амплитуды. Обратное пространство. Дифракционные индексы обратной решетки. Сфера Эвальда. Аномальное рассеяние. Сингония и решетки Браве. Пространственные группы. Определение групп по характеристическим погасаниям. Методы учета поглощения. Детектирование рентгеновского излучения. Прямое и не прямое преобразование квантов. Сцинтилляционные, газовые ионизационные и полупроводниковые детекторы.	6	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.3.	Дифрактометрическое оборудование	Основные блоки и узлы дифрактометров, применяемых в рентгеноструктурном анализе. Трех- и четырех-кружные гониометры. Взаимное расположение осей. Каппа-геометрия. Угловые ограничения. Низкотемпературные приставки. Гониометрические головки. Установка и юстировка кристаллов. Определение параметров элементарной ячейки. Матрица Ниггли. Перестановка осей и пересчет дифракционных индексов, матрицы перехода. Двойникование. Вторичные рефлексы. Получение экспериментальных интенсивностей. Выбор оптимальной стратегии и параметров съемки при разных длинах волн источника. Избыточность и полнота экспериментов. Программные комплексы для первичной обработки данных. Учет поглощения. Метод Дебая — Шеррера для порошков.	4	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		Качественный и количественный фазовый анализ. Метод Ритвельда. Обзор приборов основных современных производителей. Сравнение характеристик.		
6.4.	Основы методов расшифровки и уточнения структур	Определение пространственных групп. Распределение интенсивностей для centrosymmetric и acentric кристаллов. Приближение сферического атома. Метод тяжелого атома. Прямые методы. Суперпозиционные методы. Изоморфное замещение. Сравнительные характеристики программных пакетов. Метод наименьших квадратов при уточнении структур. Коэффициент приведения к абсолютной шкале. Минимизируемые величины. Весовые схемы. Изотропные и анизотропные температурные факторы. Поправки на аномальное рассеяние, поглощение и экстинкцию. Погрешности атомных координат, длин связей и валентных углов. Модулированные кристаллы. Позиционная и ротационная неупорядоченность. Коэффициенты заселенности. Сольватные растворители. Процедура Squeeze. Программные пакеты для уточнения. Оценка достоверности получаемых данных. Тест Хиршфельда. Стандартные формы файлов для представления и депонирования результатов.	6	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.5.	Анализ молекулярной структуры и кристаллических упаковок	Конформационный анализ. Энергия внутримолекулярных взаимодействий. Координационные полиэдры и транс-влияние. Кристаллические упаковки. Топология межмолекулярных агрегатов. Супрамолекулярная химия. Вторичные связи. Направленные и ненаправленные межмолекулярные взаимодействия, их пространственные и энергетические характеристики. Водородные связи. $\sigma$ - $\pi$ и $\pi$ - $\pi$ взаимодействия. Агостические и металлофильные взаимодействия. Принципы визуализации кристаллических структур.	6	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.6.	Работа с кристаллографическими базами данных	Кэмбриджская база данных органических, металлоорганических и островных структур. Информационное содержание. Типы представления структурных и кристаллографических данных. Поисковый интерфейс. Создание релевантных запросов на поиск структурных, экспериментальных, реферативных и иных характеристик. Сложносочиненные, последовательные и комбинированные запросы. Поиск межмолекулярных контактов. Статистический анализ и его визуализация. Неорганическая база структурных данных. Информационное содержание. Типы представления структурных и кристаллографических данных. Поисковый интерфейс. Пересечения и взаимодополняемость обеих баз. Порошковые базы данных.	4	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

### 3.2.3. Самостоятельная работа

Рабочей программой дисциплины Неорганическая химия предусмотрена самостоятельная работа аспиранта.

Самостоятельная работа распределяется по видам учебных занятий следующим образом:

- проработка лекционного материала по конспекту и учебной литературе;
- проработка актуальных вопросов, чтение и конспектирование первоисточников.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

### 3.2.4. Образовательные технологии

Основными образовательными технологиями, используемыми при реализации учебной работы, являются лекции, семинары ведущих отечественных и зарубежных ученых и консультации с преподавателями; проведение практических работ, участие обучаемых в научной работе и выполнение исследовательских проектов.

## 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 4.1. Текущий контроль успеваемости

Основной контроль знаний осуществляется в процессе участия в лекционных и лабораторных занятиях.

Текущий контроль проводится в форме вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных мероприятиях, осуществляющим преподавателем, ведущим дисциплину.

#### **ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ НА ЗАНЯТИЯХ:**

1. Место химии в системе естественных наук.
2. Современная формулировка периодического закона, закон Мозли, структура периодической системы. Коротко- и длиннопериодный варианты периодической таблицы.
3. Перспективы открытия новых элементов.
4. Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений.
5. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность.
6. Основные положения метода валентных связей (МВС).
7. Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО).
8. Ионная модель строения кристаллов, образование ионных кристаллов как результат ненаправленности и ненасыщаемости ион-ионных взаимодействий.
9. Зонная теория - основные положения и границы применимости.

10. Природа химической связи в комплексных соединениях.
11. Основные положения теории кристаллического поля (ТКП).
12. Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем.
13. Спектрохимический ряд лигандов.
14. Использование ТКП и ММО для объяснения оптических и магнитных свойств комплексных соединений.
15. Основные понятия и задачи химической термодинамики как науки о превращениях энергии при протекании химических реакций.
16. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Первый закон термодинамики.
17. Внутренняя энергия и ее изменение при химических и фазовых превращениях. Энтальпия.
18. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса.
19. Скорость химической реакции, ее зависимости от природы и концентрации реагентов, температуры.
20. Современные представления о природе растворов.
21. Особенности жидких растворов. Порядок в жидкостях, структура воды и водных растворов. Специфика реакций в водных и неводных растворах.
22. Теория электролитической диссоциации. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры.
23. Основные понятия теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля.
24. Сопряженные окислительно-восстановительные пары. Электродный потенциал.
25. Окислительно-восстановительные реакции и их направление.
26. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.
27. Прямой синтез соединений из простых веществ.
28. Метод химического осаждения из газовой фазы, использования надкритического состояния.
29. Фотохимические и электрохимические методы синтеза.
30. Методы выращивания монокристаллов и их классификация.
31. Положение s- элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления.
32. Водород. Особое положение водорода в Периодической системе.
33. Особенности химии лития.
34. Особенности комплексообразования s- металлов.
35. Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации.
36. Особенности химии аллотропных модификаций углерода.

37. Элементы группы VA. Общая характеристика группы. Закономерности образования и прочность простых и кратных связей в группе.
38. Особенности химии азота.
39. Кислородные соединения фосфора: оксиды, кислоты и их соли. Применение простых веществ и соединений элементов VA группы.
40. Особенности химии кислорода. Озон и озониды.
41. Пероксиды, супероксиды.
42. Сероводород и сульфиды. Полисульфиды.
43. Галогениды серы, селена и теллура.
44. Элементы группы VIIA. Общая характеристика группы.
45. Окислительные свойства галогенов.
46. Соединения благородных газов и природа химической связи в них .
47. Электронное строение и основные степени окисления d- элементов. Способность d- элементов к комплексообразованию.
48. Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Титаниты и цирконаты.
49. Ванадаты, ниобаты и танталаты. Способность к комплексообразованию и образованию кластеров.
50. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома.
51. Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства.
52. Особенности химии технеция и рения.
53. Обоснование разделения элементов на семейства железа и платиновые металлы.
54. Комплексные соединения, особенности комплексов с d<sup>6</sup>- конфигурацией центрального атома.
55. Элементы группы IB. Общая характеристика группы. Изменение в устойчивости степеней окисления элементов в группе.
56. Особенности подгруппы цинка в качестве промежуточной между переходными и непереходными металлами.
57. Амальгамы.
58. Общая характеристика f-элементов. Особенности электронных оболочек атомов.
59. Лантанидное и актинидное сжатие.
60. Семейство лантаноидов. Методы получения, разделения и физико-химические свойства металлов.
61. Особенности химии церия и европия.
62. Семейство актиноидов. Методы получения и физико-химические свойства актиноидов.
63. Применение актиноидов и их соединений.

## 4.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Промежуточная аттестация по дисциплине Неорганическая химия проводится на 3 курсе в форме экзамена (кандидатского экзамена по дисциплине), предусматривающего ответы на вопросы.

Вопросы для подготовки к сдаче экзамена (кандидатского экзамена) по дисциплине Неорганическая химия приведены в Программе кандидатского экзамена по Неорганической химии.

С целью оценки уровня знаний на экзамене (кандидатском экзамене) используется 5-балльная система в соответствии с критериями, представленными в таблице:

### Критерии оценки

«Отлично»	Аспирант показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки
«Хорошо»	Аспирант овладел всеми вопросами дисциплины, показал основные умения и навыки
«Удовлетворительно»	Аспирант имеет недостаточно глубокие знания по разделам дисциплины, показал не все основные умения и навыки
«Неудовлетворительно»	Аспирант имеет проблемы по отдельным разделам дисциплины и не владеет основными умениями и навыками

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Рекомендуемая литература

При изучении дисциплины аспиранты используют основную и дополнительную литературу, рекомендованную преподавателем. Кроме того, преподаватель может рекомендовать аспиранту ознакомиться с дополнительными материалами методического характера.

Название электронного или печатного ресурса (основная или дополнительная)	Тип	Кол-во экз.
<b>Основная литература:</b>		
Третьяков Ю.Д., Мартыненко Л.И., Григорьев А.Н., Цивадзе А.Ю. Неорганическая химия. Тт.1-2, М., «Химия», 2007.	печ.	1
Некрасов Б.В. Основы общей химии, тт.1-2, М., 2003.	печ.	1
Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии, М., 1979.	печ.	7
Реми Г. Курс неорганической химии, М., т.1, 1963, т.2, 1963.	печ.	4
Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. М.: Мир. 1969. т.1-3.	печ.	9
Уэллс А. Структурная неорганическая химия. М.: Мир. 1987. т.1-3.	печ.	3
Третьяков Ю.Д. Неорганическая химия. Химия элементов в 2 кн.-М.;2001	печ.	1
Елфимов В.И. Основы общей химии, 2015	печ.	1
Ахметов Н.С. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии, 2014	печ.	1
Клюквина Е.Ю. Общая и неорганическая химия: курс лекций, 2013	печ.	1
<b>Дополнительная литература:</b>	печ.	
Менделеев Д.И. Основы химии, тт.1-2, М., 1947.		2
Щукарев С.А. Неорганическая химия, М., т.1, 1970, т.2, 1974.	печ.	6
Драго Р. Физические методы в неорганической химии. М., 1967.	печ.	4

Неводные растворители (под ред. Балдингтона Т.), М., 1971.	печ.	1
Бокий Г.Б. Кристаллохимия. М., 1971.	печ.	4
Хенней Н. Химия твердого тела. М., 1971.	печ.	2
Нестехиометрические соединения (под ред. Л.Манделькорна). М., 1971.	печ.	1
Драго, Рассел С. Физические методы в химии в 2х т.- М.; 1981	печ.	3
Джонсон Д. Термодинамические аспекты неорганической химии. И., Мир, 1985.	печ.	1
Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. 3-е изд. М.: Высш.шк. 1998, 2005, 2008.	печ.	3
Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия. 2001.	печ.	2
Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая химия. М.: Мир. 1994, 1995, 1997, 2007.	печ.	3
Хьюи Дж. Неорганическая химия: строение вещества и реакционная способность. М.: Химия. 1987.	печ.	2
Гиллеспи Р., Харгиттаи И. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки и строение молекул. М.: Мир. 1992.	печ.	3
Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Строение вещества. М.: Высш.шк. 1978.	печ.	3
Полторак О.М., Ковба Л.М. Физико-химические основы неорганической химии. М.: Изд-во МГУ 1984.	печ.	2
Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия. М.: Изд. Моск.ун-та. 1991, 1994. т.1,2.	печ.	2
Турова Н.Я. Неорганическая химия в таблицах. М.: ВХК РАН. 2009.	печ.	1
Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высш.шк. 2005, 2007.	печ.	1
Фримантл М. Химия в действии. М.: Мир. 1991, 1998. т.1,2.	печ.	2
Турова Н.Я. Справочные таблицы по неорганической химии.-М.; «Химия»1977-116с.	печ.	3
Майер Вероника Р. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография / Майер В.Р.; Петухов Иван Алексеевич [и др.] (пер.). — Изд. 5-е. — М.: Техносфера, 2017	печ.	1
Естественные и технические науки (ВАК), RUS, 2016 (10, 11), Журнал	печ.	1
Неорганические материалы, 2016 (7,8,9,10,11,12); Журнал	печ.	1
Порошина И.А. Развитие методов структурной рефрактометрии и кристаллооптики для дисперсных минералов и неорганических соединений, 2014	печ.	1
Мальцева Н.Н. Борогидрид натрия, 1985	печ.	1
Твердые растворы и стекла на основе фторидов свинца (II) и висмута (III)/ Кавун В.Я.(и др.), 2013	печ.	1
Пероксидные соединения кальция. Синтез. Свойства. Применение/ Гладышев Н.Ф. (и др.), 2013	печ.	1
Дифракционный структурный анализ: уч.пособие для ВУЗ/ Илюшин А.С., Орешко А.П., 2013	печ.	1
Лидин Р.А. Химические свойства неорганических веществ, 2014	печ.	1
Митрасов Ю.Н. Реакции хлоридов фосфора (IV и V) с производными неорганических кислот, 2012	печ.	1
Шабанова Н.А. Золь-гель технологии: нанодисперсный кремнезем, 2012	печ.	1
Поверхностно-усиленная рамановская спектроскопия (SERS): аналитические, биофизические и биомедицинские приложения / Шлюкер С. (ред. ориг. изд.) ; Лушников А.А. (пер. с англ. и ред.) М.: Техносфера, 2017	печ.	1

## **5.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/>;
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://www.elibrary.ru/>.

## **6. Требования к материально-техническому обеспечению программы**

ИОНХ РАН располагает материально-технической базой, соответствующей требованиям материального обеспечения дисциплины.

Аудитории для проведения занятий оснащены компьютерами и проекторами для показа мультимедийных презентаций. Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к международным и российским научным базам данных и электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Лаборатории оснащены современными приборами для синтеза неорганических соединений и материалов: стеклянная и пластиковая химическая посуда отечественного и иностранного производства, спектральное и лабораторное оборудование для рутинных измерений, реакционные установки, вакуумные системы, лабораторные печи, хроматографы.

Материально-техническая база соответствует действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы аспирантов.

### **Автор(ы) программы:**

Зам.директора, гл.н.с. ИОНХ РАН  
чл.-корр.РАН

Зав. Учебным центром



К.Ю.Жижин

А.Н.Терехова