

Приложение № 5  
к программе  
подготовки научных и научно-педагогических  
кадров в аспирантуре  
НИЦ «Курчатовский институт»  
по научной специальности  
1.4.1. Неорганическая химия

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
по специальной дисциплине  
«Неорганическая химия»

## 1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью учебного курса «Неорганической химия» является подготовка высококвалифицированных специалистов, знающих современное состояние неорганической химии, ее роль в современном естествознании и материаловедении, фундаментальные основы методов получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе, фундаментальные подходы к дизайну и синтезу новых неорганических соединений, методы описания химической связи и строения неорганических соединений, фундаментальные принципы современных экспериментальных методов исследования вещества; умеющих интерпретировать собственные и опубликованные в литературе результаты в области неорганической химии на основе современных представлений о химической связи и реакционной способности неорганических соединений, планировать эксперимент, выбирая наиболее информативные методы исследования для решения конкретных задач, применять современное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных и проведения теоретических расчетов, пользоваться базами данных и интернет-ресурсами; владеть методами синтеза неорганических соединений с заданными свойствами, современными инструментальными методами исследования состава, строения и свойств неорганических соединений, навыками проведения экспериментов и обработки экспериментальных данных, способами численного моделирования и теоретического прогнозирования реакционной способности неорганических соединений.

Основными задачами изучения учебного курса является формирование у аспирантов углубленных знаний по основным разделам общей, неорганической и физической химии, включая современное состояние неорганической химии, ее роль в современном естествознании и материаловедении, без понимания и освоения которых невозможна подготовка высококвалифицированных специалистов и преподавателей высших учебных заведений.

## **2. Место дисциплины в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров**

Дисциплина «Неорганическая химия» входит в образовательный компонент и является специальной дисциплиной программы подготовки научных и научно-педагогических кадров для научной специальности 1.4.1. «Неорганическая химия».

В соответствии с учебным планом занятия проводятся на первом, втором году обучения (во втором, третьем, четвертых семестрах). Кандидатский экзамен сдается в четвертом семестре.

Объем дисциплины составляет 396 часов (11 зачетных единиц), из которых 198 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (лекции, занятия семинарского типа, групповые и индивидуальные консультации, мероприятия текущего контроля успеваемости и итогового контроля). Самостоятельная работа обучающегося составляет 198 часов. Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых и/или индивидуальных консультаций.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Данная дисциплина участвует в формировании следующих компетенций:

- 1) способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- 2) способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;
- 3) владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;
- 4) владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных

технологий;

5) способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук;

б) владение методами отбора материала, преподавания и основами управления процессом обучения в образовательных организациях высшего образования.

#### 4. Объем дисциплины, виды учебной работы (в часах), структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем и виды учебной работы (в часах) по дисциплине в целом

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость базового модуля дисциплины	396
Аудиторные занятия (всего)	198
В том числе:	
Лекции (Л)	144
Семинары/практические занятия (С/ПрЗ)	54
Самостоятельная работа (СР)	198
В том числе*:	
Форма текущего контроля	реферат, контрольная работа, (домашние задания, индивидуальные и групповые консультации)
Форма итогового контроля (промежуточная аттестация)	экзамен (КЭ)

\* приводятся все виды самостоятельной работы по данной дисциплине

##### 4.2. Структура и содержание дисциплины

№ темы	Наименование разделов, тем дисциплины	Часы			
		Всего	Л	С/ПрЗ	СР
1	2	3	4	5	6
1	Современная формулировка периодического закона и строение	48	18	6	24

	атома. Химическая связь и строение молекул				
2	Комплексные (координационные) соединения	44	16	6	22
3	Общие закономерности протекания химических реакций	34	12	4	18
4	Растворы и электролиты	34	12	4	18
5	Основы и методы неорганического синтеза	50	18	8	24
6	Химия s-элементов	32	12	4	16
7	Химия p-элементов	38	14	6	18
8	Химия d-элементов	40	12	6	20
9	Химия f-элементов	34	12	4	18
10	Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии	42	16	6	20
Всего		396	144	54	198

#### 4.2.1. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	Содержание разделов дисциплины
1	2	3
1	18	<p>Основные представления о строении атома. Волновая функция и уравнение Шредингера. Квантовые числа, радиальное и угловое распределение электронной плотности. Атомные орбитали (s-, p-, d- и f-АО), их энергии и граничные поверхности. Распределение электронов по АО. Принцип минимума энергии. Принцип Паули. Атомные термы, правило Хунда. Современная формулировка периодического закона, закон Мозли, структура периодической системы. Коротко- и длиннопериодный варианты периодической таблицы. Периоды и группы.</p> <p>Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов: атомных и ионных радиусов, потенциала ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности.</p> <p>Границы периодической системы. Перспективы открытия новых элементов.</p> <p>Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений – оксидов, гидроксидов, гидридов, галогенидов, сульфидов, карбидов, нитридов и боридов.</p>

		<p>Понятие о природе химической связи. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность. Основные типы химической связи.</p> <p>Основные положения метода валентных связей (МВС). Гибридизация орбиталей. Направленность, насыщенность и поляризуемость ковалентной связи. Влияние неподеленных электронных пар на строение молекул, модель Гиллеспи.</p> <p>Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы МО гомоядерных и гетероядерных двухатомных молекул. Энергия ионизации, магнитные и оптические свойства молекул. Многоцентровые МО, гипервалентные и электронодефицитные молекулы. Принцип изолобального соответствия. Корреляционные диаграммы.</p> <p>Ионная связь. Ионная модель строения кристаллов, образование ионных кристаллов как результат ненаправленности и ненасыщаемости ион-ионных взаимодействий. Ионный радиус. Основные типы кристаллических структур, константа Маделунга, энергия ионной решетки.</p> <p>Межмолекулярное взаимодействие – ориентационное, индукционное и дисперсионное. Водородная связь, ее природа.</p> <p>Введение в зонную теорию. Образование зон – валентной и проводимости из атомных и молекулярных орбиталей, запрещенная зона. Металлы и диэлектрики. Границы применимости зонной теории.</p>
2	16	<p>Основные понятия координационной теории. Типы комплексных соединений по классификации лигандов, заряду координационной сферы, числу центральных атомов. Номенклатура комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений.</p> <p>Образование координационных соединений в рамках ионной модели и представлений Льюиса. Теория мягких и жестких кислот и оснований Пирсона, уравнение Драго–Вейланда. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие. Константы устойчивости комплексов. Лабильность и инертность. Энтропийный вклад в энергетическую</p>

		<p>устойчивость комплексов, сольватный эффект, хелатный эффект, правила циклов Л.А. Чугаева.</p> <p>Природа химической связи в комплексных соединениях. Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление d-орбиталей в октаэдрическом и тетраэдрическом поле. Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем. Спектрохимический ряд лигандов. Понятие о теории Яна—Теллера, тетрагональное искажение октаэдрических комплексов.</p> <p>Энергетическая диаграмма МО комплексных соединений. Построение групповых орбиталей и их взаимодействие с орбиталями центрального атома, s- и p-донорные и акцепторные лиганды. Использование ТКП и ММО для объяснения оптических и магнитных свойств комплексных соединений. Диаграммы Танабэ—Сугано для многоэлектронных систем.</p> <p>Карбонилы, металлокарбены, металлоцены, фуллериды. Комплексы с макроциклическими лигандами. Полиядерные комплексы. Изо- и гетерополисоединения. Кластеры на основе переходных и непереходных элементов. Кратные связи металл–металл, понятие о-связи.</p> <p>Механизмы реакций комплексных соединений. Реакции замещения, отщепления и присоединения лиганда, окислительно-восстановительные реакции. Взаимное влияние лигандов в координационной сфере. Транс-влияние И.И. Черняева, цис-эффект А.А. Гринберга. Внутрисферные реакции лигандов.</p> <p>Применение комплексных соединений в химической технологии, катализе, медицине и экологии.</p>
3	12	<p>Основные понятия и задачи химической термодинамики как науки о превращениях энергии при протекании химических реакций. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и ее изменение при химических и фазовых превращениях. Энтальпия. Стандартное состояние и стандартные теплоты химических реакций. Теплота и энтальпия образования. Закон Гесса. Энергии химических связей. Теплоемкость, уравнение Кирхгофа.</p> <p>Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее физический смысл,</p>

		<p>уравнение Больцмана. Стандартная энтропия. Зависимость энтропии от параметров состояния. Энергия Гиббса. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций в изолированных и открытых системах. Химический потенциал. Условие химического равновесия, константа равновесия. Изотерма химической реакции. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем.</p> <p>Скорость химической реакции, ее зависимости от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок реакции. Константы скорости и ее зависимость от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Обратимые реакции. Закон действующих масс. Влияние катализатора на скорость реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ. Понятие о цепных и колебательных реакциях.</p>
4	12	<p>Современные представления о природе растворов. Особенности жидких растворов. Порядок в жидкостях, структура воды и водных растворов. Специфика реакций в водных и неводных растворах.</p> <p>Теория электролитической диссоциации. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Водородный показатель pH, шкала pH. Кислоты и основания. Протолитическая теория Бренстеда–Лоури. Сопряженные кислоты и основания. Гидролиз. Современные взгляды на природу кислот и оснований.</p> <p>Сильные и слабые электролиты. Зависимость степени электролитической диссоциации от концентрации, температуры, природы растворителя, посторонних электролитов. Закон разбавления Оствальда. Основные понятия теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля.</p> <p>Произведение растворимости. Динамическое равновесие в насыщенных растворах малорастворимых сильных электролитов и факторы, его смещающие.</p> <p>Электрохимические свойства растворов. Сопряженные окислительно-восстановительные пары. Электродный потенциал. Окислительно-восстановительные реакции и их направление. Уравнение Нернста. Диаграммы Латимера и Фроста. Электролиз.</p> <p>Коллигативные свойства растворов электролитов</p>



		и неэлектролитов. Изотонический коэффициент. Закон Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.
5	18	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.
6	12	Положение s-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Водород. Особое положение водорода в Периодической системе. Изотопы водорода. Орто- и пара-водород. Методы получения водорода. Физико-химические свойства водорода. Гидриды и их классификация. Окислительно-восстановительные свойства водорода. Вода – строение молекулы и структура жидкого состояния. Структура льда, клатраты. Пероксид водорода, его получение, строение и окислительно-восстановительные свойства. Элементы группы IA. Общая характеристика группы. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Нерастворимые соли. Особенности химии лития. Применение щелочных металлов и их соединений. Элементы группы IIA. Общая характеристика группы. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Особенности комплексообразования s-металлов. Особенности химии бериллия, магния и радия. Сходство химии бериллия и лития. Применение бериллия, щелочно-земельных металлов и их соединений.
7	14	Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди p-элементов. Закономерности в изменении

	<p>свойств во 2 и 3 периодах.</p> <p>Элементы группы IIIA.</p> <p>Общая характеристика группы. Особенности химии бора. Бороводороды, комплексные гидробораты, кластерные соединения бора, боразол, нитрид бора: особенности их строения и свойств.</p> <p>Оксид алюминия. Аллюминаты и гидроксоаллюминаты. Галогениды алюминия. Комплексные соединения алюминия. Сплавы алюминия. Алюмотермия. Амфотерность оксидов галлия, индия и таллия. Особенности химии Tl(I). Применение бора, алюминия, галлия, индия и таллия и их соединений.</p> <p>Элементы группы IVA.</p> <p>Общая характеристика группы. Особенности химии аллотропных модификаций углерода. Фуллерены и их производные. Нанотрубки. Карбиды металлов. Синильная кислота, цианиды, дициан. Роданистоводородная кислота и роданиды. Сероуглерод. Фреоны и их применение. Оксиды углерода. Карбонилы. Карбонаты.</p> <p>Оксиды кремния, германия, олова и свинца. Кварц и его полиморфные модификации. Кремниевая кислота и силикаты. Галогениды. Кремнефтористоводородная кислота. Карбид кремния. Комплексные соединения олова и свинца. Применение простых веществ и соединений элементов группы IVA. Понятие о полупроводниках. Свинцовый аккумулятор.</p> <p>Элементы группы VA.</p> <p>Общая характеристика группы. Закономерности образования и прочность простых и кратных связей в группе. Особенности химии азота. Проблема связывания молекулярного азота. Особенности аллотропных модификаций фосфора.</p> <p>Гидриды элементов группы VA: получение, строение молекул, свойства. Соли аммония. Жидкий аммиак как растворитель. Гидразин, гидроксилламин, азотистоводородная кислота. Галогениды элементов группы VA, получение и гидролиз.</p> <p>Кислородные соединения азота. Особенности химии NO и NO<sub>2</sub>. Азотная, азотистая кислоты и их соли: получение, свойства и окислительно-восстановительная способность. Диаграмма Фроста для соединений азота.</p> <p>Кислородные соединения фосфора: оксиды, кислоты</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>и их соли. Сравнение свойств кислот фосфора в разных степенях окисления. Конденсированные фосфорные кислоты и полифосфаты. Оксиды мышьяка, сурьмы и висмута, кислородсодержащие кислоты мышьяка и сурьмы и их соли. Сравнение силы кислот в группе. Сульфиды и тиосоли.</p> <p>Применение простых веществ и соединений элементов VA группы. Удобрения.</p> <p>Элементы группы VIA.</p> <p>Общая характеристика группы. Особенности химии кислорода. Строение молекулы кислорода, объяснение ее парамагнетизма. Озон и озониды. Аллотропные модификации серы и их строение.</p> <p>Классификация оксидов. Простые и сложные оксиды, нестехиометрия оксидов. Гидроксиды и кислоты. Пероксиды, супероксиды.</p> <p>Сероводород и сульфиды. Полисульфиды. Сульфаны. Оксиды серы, кислоты и их соли. Политионовые кислоты и политионаты. Кислородные соединения селена и теллура. Сравнение силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот в группе.</p> <p>Галогениды серы, селена и теллура.</p> <p>Применение простых веществ и соединений элементов VIA группы.</p> <p>Элементы группы VIIA.</p> <p>Общая характеристика группы. Особенности химии фтора и астата. Окислительные свойства галогенов. Взаимодействие галогенов с водой.</p> <p>Галогеноводороды. Получение, свойства. Закономерность изменения свойств галогеноводородных кислот в группе. Классификация галогенидов. Межгалогенные соединения: строение и свойства.</p> <p>Кислородные соединения галогенов. Особенности оксидов хлора. Кислородсодержащие кислоты галогенов и их соли. Сопоставление силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот галогенов, диаграмма Фроста для галогенов.</p> <p>Применение галогенов и их соединений.</p> <p>Элементы группы VIIIA.</p> <p>Общая характеристика группы. Соединения благородных газов и природа химической связи в них.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		Гидраты благородных газов. Фториды и кислородные соединения благородных газов. Применение благородных газов.
8	12	<p>Положение d-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность d-элементов к комплексообразованию. Закономерности изменения свойств d-металлов в 4, 5 и 6 периодах. Природа d-сжатия и ее следствия.</p> <p>Элементы группы IIIБ.</p> <p>Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и фториды металлов IIIБ группы – получение и свойства. Комплексные соединения. Сопоставление химии элементов IIIА и IIIБ групп. Применение металлов и их соединений.</p> <p>Элементы группы IVБ.</p> <p>Общая характеристика группы. Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Титанаты и цирконаты. Соли титанила и цирконила. Галогениды. Способность к комплексообразованию. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Влияние лантаноидного сжатия на свойства гафния. Сопоставление металлов IVА и IVБ групп. Применение титана и циркония и их соединений.</p> <p>Элементы группы VБ.</p> <p>Общая характеристика группы. Оксиды и галогениды. Ванадаты, ниобаты и танталаты. Способность к комплексообразованию и образованию кластеров. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Диаграмма Фроста для соединений ванадия. Сопоставление свойств соединений ванадия(V) и фосфора (V). Применение ванадия, ниобия и тантала и их соединений.</p> <p>Элементы группы VIБ.</p> <p>Общая характеристика группы. Оксиды, галогениды и сульфиды. Сравнение свойств хромовой, молибденовой и вольфрамовой кислот и их солей. Особенности комплексообразования. Кластеры. Бронзы. Поликислоты и их соли. Пероксиды. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома, закономерности в стабильности различных степеней окисления. Сопоставление химии элементов VIА и VIБ групп. Применение хрома, молибдена и вольфрама и их соединений.</p> <p>Элементы группы VIIБ.</p>

		<p>Общая характеристика группы. Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, диаграмма Фроста для соединений марганца. Стабильность соединений марганца в различных степенях окисления. Особенности химии технеция и рения. Рениевая кислота и перренаты. Сопоставление химии элементов VIIA и VIIB групп. Применение марганца и рения.</p> <p>Элементы группы VIIIБ.</p> <p>Общая характеристика группы. Обоснование разделения элементов на семейства железа и платиновые металлы.</p> <p>Семейство железа: получение и физико-химические свойства железа, кобальта и никеля. Оксиды и гидроксиды, галогениды и сульфиды Соединения железа, кобальта и никеля в высших степенях окисления. Комплексные соединения, особенности комплексов с <math>db</math>-конфигурацией центрального атома. Коррозия железа и борьба с ней. Применение железа, кобальта и никеля.</p> <p>Платиновые металлы: основные классы комплексных соединений платиновых металлов. Оксиды и галогениды платиновых соединений. Применение платиновых металлов.</p> <p>Элементы группы IB.</p> <p>Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и галогениды. Изменение в устойчивости степеней окисления элементов в группе. Комплексные соединения. Сопоставление элементов IA и IB групп. Применение меди, серебра и золота.</p> <p>Элементы группы IIB.</p> <p>Общая характеристика группы. Особенности подгруппы цинка в качестве промежуточной между переходными и непереходными металлами. Оксиды, гидроксиды, галогениды и сульфиды. Амальгамы. Особенности соединений ртути в степени окисления +1. Способность к комплексообразованию и основные типы комплексов цинка, кадмия и ртути. Сопоставление элементов IIA и IIB групп. Применение цинка, кадмия и ртути.</p>
9	12	<p>Общая характеристика f-элементов. Особенности строения электронных оболочек атомов. Лантанидное и актинидное сжатие. Сходство и различие</p>

		<p>лантаноидов и актиноидов. Внутренняя периодичность в семействах лантаноидов и актиноидов.</p> <p>Семейство лантаноидов.</p> <p>Методы получения, разделения и физико-химические свойства металлов. Степени окисления элементов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Комплексные соединения лантаноидов. Особенности химии церия и европия. Сопоставление d- и f-элементов III группы. Применение лантаноидов.</p> <p>Семейство актиноидов.</p> <p>Обоснование актиноидной теории. Методы получения и физико-химические свойства актиноидов. Особенности разделения актиноидов. Степени окисления актиноидов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений актиноидов – получение и свойства. Комплексные соединения актиноидов. Особенности химии тория и урана. Сопоставление актиноидов с d-элементами 6-го периода. Применение актиноидов и их соединений. Перспективы синтеза трансактиноидов.</p>
10	16	<p>Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография.</p> <p>Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК- и комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР и -резонансные. EXAFS-спектроскопия. Спектроскопия циркулярного дихроизма.</p> <p>Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов. Импеданс-спектроскопия.</p> <p>Оптическая и электронная микроскопия. Локальный рентгено-спектральный анализ.</p> <p>Термогравиметрия и масс-спектрометрия.</p> <p>Исследование поверхности методами рентгено- и фотоэлектронной спектроскопии, оже-спектроскопии и т.п.</p>

## 4.2.2 Содержание семинаров и (или) практических занятий

№ темы	Всего часов	Содержание разделов дисциплины
1	2	3
1	6	Тонкая структура атомных орбиталей. Периодические и непериодические свойства атомов. Вторичная периодичность. Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений - оксидов, гидроксидов, гидридов, галогенидов, сульфидов, карбидов, нитридов и боридов. Строение молекул веществ, строение ионных кристаллов, межмолекулярные взаимодействия, водородная связь.
2	6	Химическая связь в комплексных соединениях. Изомерия комплексных соединений. Построение энергетических диаграмм МО комплексов. Механизмы реакций комплексных соединений.
3	4	Термодинамические и кинетические расчёты.
4	4	Расчёты концентраций ионов в растворах электролитов. Гетерогенные равновесия в растворах. Электрохимические расчёты.
5	8	Методы синтеза комплексных соединений.
6	4	Особенности химии лития. Особенности химии бериллия, магния и радия.
7	6	Оксид алюминия. Особенности химии Tl(I). Фуллерены и их производные. Нанотрубки. Карбиды металлов. Кремниевая кислота и силикаты.
8	6	Восстановление соединений платиновых металлов водородом, гидрирование комплексов. Осаждение комплексов платиновых металлов солями калия, рубидия и цезия. Окислительное спекание порошков платиновых металлов с пероксидами и нитратами, хлорирование Синтезы хлоридных, аммиачных, нитритных и карбоксилатных комплексов d-элементов.
9	4	Комплексные соединения лантаноидов. Особенности химии церия и европия. Сопоставление d- и f-элементов III группы.
10	6	Физические методы исследования комплексных соединений.

## **5. Образовательные технологии**

1. При реализации настоящей дисциплины предусмотрено применение следующих образовательных технологий: лекции-визуализации (все лекции сопровождаются презентациями), проблемные лекции с дискуссией (на каждой лекции рассматриваются проблемные вопросы по актуальным направлениям развития предмета).

2. В учебном процессе помимо чтения лекций широко используются активные и интерактивные формы. Совместное и самостоятельное решение аспирантами задач по темам лекций на занятиях семинарского типа, самостоятельное изучение предложенных тем и выступление с докладами на занятиях.

В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов**

Текущий контроль (промежуточный) проводится на 7 и 14 неделе в форме контрольной работы с оценкой по пятибалльной системе. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Самостоятельная работа аспирантов предполагает проработку лекционного материала в читальном зале библиотеки, в лабораториях, с доступом к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных, к ресурсам Интернет. Кроме того, аспирантам предлагается конспектирование и проработка материала научных докладов на диссертационном совете по научной специальности, участие в работе научных конференций и школ, работа в библиотеке и на сайтах электронных изданий.

Для получения положительной оценки и для выполнения задания по самостоятельной работе аспиранту необходимо подготовить реферат по представленным или подобным темам объемом 15 – 20 страниц. Реферат



должен быть написан самостоятельно и построен по типу статьи: краткая аннотация: 4 – 5 строк, введение (цели, задачи обзора, объект рассмотрения), основная часть (описание объекта или способа), заключение, литература. Обязательно предоставляется информация (ссылки на статьи и патенты) об авторах, институтах, лабораториях, которые разрабатывали представленную тематику. Перспективы и прогноз дальнейших исследований. Возможное применение данных разработок. Можно предоставить данные по фирмам и рекламную литературу по их деятельности, которые занимаются данными разработками. В реферате должны быть отражены методы формирования объекта, способы измерения его характеристик и свойств, применения.

Итоговый контроль – экзамен (КЭ).

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

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

### **I. Основная литература:**

1. Ковальчук, М.В. Идеология природоподобных технологий / Михаил Ковальчук; Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». – Москва: Физматлит, 2021. – 336 с. – ISBN 978-5-9221-1931-3.
2. Неорганическая химия : учебник : в 3 томах / под ред. Ю. Д. Третьякова. - Москва : Академия, 2008. – ISBN 978-5-7695-5241-0.
3. Угай, Я.А. Общая и неорганическая химия. - М.: Высшая школа, 2004. - 527 с. – ISBN 978-5-06-003751-7.
4. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия: Учебник / Н.С. Ахметов. - СПб.: Лань, 2014. - 752 с. – ISBN 978-5-8114-1710-0.

5. Киселев, Ю.М., Добрынина Н.А. Химия координационных соединений. М.: Академия, 2007. - 352 с. – ISBN 978-5-7695-3050-0.

6. Шрайвер, Дувард. Неорганическая химия: учебное издание: в 2 т.: пер. с англ. / Д. Шрайвер, П.Эткинс. – Москва: Мир, 2013. – (Лучший зарубежный учебник). – Т. 2. – 2013. – 679 с. - ISBN 978-5-03-003709-7.

7. Карапетьянц, М.Х., Дракин, С.И. «Неорганическая химия». Издание пятое. Москва, URSS, 2015. – ISBN 5-7245-0709-9.

8. Некрасов Б.В. Основы общей химии. В 2-х т. – СПб.: Лань, 2003. – 656 с. – ISBN 5-8114-0500-6.

Дополнительная литература:

1. Чурбанов, М.Ф., Карпов, Ю.А., Зломанов, В.П., Федоров, В.А. «Высокочистые вещества». М.: Научный мир, 2018. – 996 с. – ISBN 978-5-91522-463-5.

2. Савинкина, Е.В. Михайлов, В.А., Киселев, Ю.М., Сорокина, О.В., Аликберова, Л.Ю., Давыдова, М.Н. «Общая и неорганическая химия» в 2 томах. Т.1 «Законы и концепции». Под ред. академика РАН А.Ю. Цивадзе. Учебник для высшей школы. М: Лаборатория знаний, 2018. – ISBN 978-5-906828-08-8.

3. Поверхностно-усиленная романовская спектроскопия (SERS): аналитические, биофизические и биомедицинские приложения / Шлюкер С. (ред. ориг. изд.); Лушникова А.А. (пер. с англ. и ред.) М.: Техносфера, 2017. – ISBN 978-5-94836-425-4.

4. Морозов И.В., Болталини А.И., Карпова Е.В. Окислительно-восстановительные процессы. Учебное пособие. – М.: Издательство Московского университета, 2003. – 76 с. – Текст: электронный. DOI отсутствует. – URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/karpova/okislvosst.pdf> (дата обращения: 23.08.2022)

5. Дроздов А.А., Зломанов В.П. Химия элементов главных групп периодической системы Д.И. Менделеева. Галогены. В: Сборник

методических материалов «Химия в высшей школе». М., Химфак МГУ, ч.2, 2002, стр. 67-117.

6. Мазо Г.Н., Митрофанова Н.Д., Зломанов В.П. Химия элементов главных групп периодической системы Д.И. Менделеева. Азот, фосфор, мышьяк, сурьма и висмут. Сборник методических материалов «Химия в высшей школе». М., Химфак МГУ, ч.2, 2002, стр. 119-163.

7. Мюллер, У. Структурная неорганическая химия: монография / У. Мюллер; под ред. А.М. Ховива, пер. с англ. А.М. Самойлова, Е.С. Рембезы. - Долгопрудный: Интеллект, 2010. - 352 с. – ISBN 978-5-91559-069-3.

8. Сизова, О.В. Молекулярная симметрия в неорганической и координационной химии: учебное пособие / О.В. Сизова, Н.В. Иванова, А.А. Ванин. - 2-е изд. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2016. - 272 с. – ISBN 978-5-8114-2173-2.

9. Тоуб М. Механизмы неорганических реакций: пер. с англ. / М. Тоуб, Дж. Берджесс; под ред. А.А. Дроздова. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 678 с. – ISBN 978-5-94774-766-9.

10. Чурбанов, М.Ф. Химия высокочистых неорганических веществ: учебное пособие / М.Ф. Чурбанов, А.П. Вельмузов; Мин. обр. и науки РФ, Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, Нац. исслед. ун-т [и др.]. – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. Госун-та, 2015. - 170 с. – ISBN 978-5-91326-324-7.

11. Бекман, И. Н. Неорганическая химия. Радиоактивные элементы: учебник для вузов / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 399 с. — 978-5-534-00978-1. — Текст: электронный. DOI отсутствует. – URL: <http://n.irea.org.ru/upload/Статьи/1.pdf>

12. Аллахвердов Г.Р. Термодинамика растворов и разделение элементов при кристаллизации: монография. М.: ООО «Издательство Триумф», 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-89392-821-1 – Текст: электронный. DOI

отсутствует. – URL: <http://n.irea.org.ru/upload/Статьи/1.pdf> (дата обращения: 12.08.2022).

13. Ковальчук М.А. Идеология нанотехнологий. ИКЦ «Академкнига». 2011. 224 с. – ISBN 978-5-94628-353-3.

14. Чичирова Н.Д. Синтез, структура и свойства соединений молибдена / Н.Д. Чичирова, Ю.И. Сальников, А.П. Тимошева, В.Е. Катаев // Монография. Ред. Н.Д. Чичирова; М-во образования Рос. Федерации. Казан. гос. энергет. ун-т. – 276 с. – ISBN 5-89873-112-1.

15. Шевельков А.В. Неорганический синтез: новые направления и новые возможности // Вестник МИТХТ им. М.В. Ломоносова. 2012. – Т. 7. № 2. – С. 3 – 14. – Текст: электронный. DOI отсутствует. – URL: <https://www.finechem-mirea.ru/jour/issue/viewFile/62/57> (дата обращения: 12.08.2022).

16. Кислицина А.В., Дегтев М.И. Фторидные комплексы ионов металлов и их применение в технологии и неорганическом анализе: обзор // Депонированная рукопись. 2006. – С. 28. – Текст: электронный. DOI отсутствует. – URL: <http://www.chem.msu.su/rus/Lomonosov2006/tom1.pdf> (дата обращения: 12.08.2022).

17. Рыбальченко И. В. Комплексные соединения: синтез, свойства, применение / И.В. Рыбальченко, Е.М. Баян, Е.С. Медведева // Учебное пособие. Ростов-на-Дону; Таганрог. Донской государственный технический университет. 116 с.

18. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов. Ч.1-2. Изд. 6. URSS. 2022. - 1277 С. – ISBN 978-5-9963-1733-2.

19. Ковба Л.М. Рентгенография в неорганической химии. Изд. 2. URSS. 2022. - 256 с.

20. Грибов Л.А. От теории спектров к теории химических превращений. Изд. 2, стереотип. URSS. 2020. - 368 с. – ISBN 5-211-01630-0.

21. Кравченко Э.А., Кузнецов Н.Т., Новоторцев В.М. Ядерный квадрупольный резонанс в координационной химии. Изд. стереотип. URSS. 2019.- 272 с. – ISBN 978-5-396-00912-7.

22. Дроздов А. А., Еремин В. В., Шевельков А. В. Основы неорганической химии. Часть 1: Химия непереходных элементов. URSS. 2020.- 240 с. – ISBN 978-5-9710-1328-0.

23. Дресвянников А.Ф., Колпаков М.Е. Формирование в растворах полиметаллических систем на основе железа и алюминия URSS. 2015. - 232 с.

24. Губин С.П., Шульпин Г.Б. Химия комплексов со связями металл — углерод. Изд. 2. URSS. 2019. - 288 с.

25. Казенас Е.К., Цветков Ю.В. Термодинамика испарения оксидов. Изд. стереотип. URSS. 2015. - 480 с. – ISBN 978-5-382-00540-9.

III. Перечень ресурсов Интернет необходимых для освоения дисциплины:

1. Лекции Шевелькова А.В. Адрес для доступа:

а) – Текст: электронный // – URL:

<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/shevelkov1.pdf> (дата обращения: 12.09.2022).

б) – Текст: электронный // – URL:

<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/shevelkov2.pdf> (дата обращения: 12.09.2022).

в) – Текст: электронный // – URL:

<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/shevelkov/chembond.pdf> (дата обращения: 12.09.2022).

2. Лекции Третьякова Ю.Д. Адрес для доступа:

а) – Текст: электронный // – URL:

[http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/materials\\_mn/micro\\_and\\_nano\\_materials.pdf](http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/materials_mn/micro_and_nano_materials.pdf)

IV. Доступ к электронным библиотекам:

1. Фонд знаний «Ломоносов»: [сайт]. URL: <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01270:article> (дата обращения: 28.06.2022).

2. Электронная библиотека Платонанет: [сайт]. – URL: [https://platona.net/load/knigi\\_po\\_filosofii/2](https://platona.net/load/knigi_po_filosofii/2) (дата обращения: 28.06.2022).
  3. Онлайн-каталог DOAJ: [сайт]. – URL: <https://doaj.org/> (дата обращения: 28.06.2022).
  4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: [сайт]. – URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 30.07.2022).
  5. Сервер документов ЦЕРН: [сайт]. – URL: <https://cds.cern.ch/> (дата обращения: 30.07.2022).
  6. Открытый доступ к журналам по физике и астрономии Physics related free-access Journals: [сайт]. – URL: <https://www.elsevier.com/physical-sciences-and-engineering/physics-and-astronomy/journals/open-access-in-physics-journals> (дата обращения: 30.07.2022).
  7. Большая научная библиотека: [сайт]. – URL: <http://www.sci-lib.net/> (дата обращения: 12.08.2022).
  8. Научная электронная библиотека диссертаций и авторефератов: [сайт]. – URL: <https://www.dissercat.com/> (дата обращения: 12.08.2022).
  9. Электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета: [сайт]. – URL: <http://lib.mexmat.ru/index.php> (дата обращения: 12.08.2022).
  10. Электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований: [сайт]. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> (дата обращения: 12.08.2022).
  11. Вестник РФФИ: [сайт]. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/bulletin> (дата обращения: 30.08.2022).
  12. Книги, изданные при поддержке РФФИ: [сайт]. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books> (дата обращения: 30.08.2022).
- V. Доступ к журналам и базам публикаций различных научных издательств:
1. Электронный доступ к коллекции из 15 журналов базы данных компании Американского физического общества (APS). База данных

APS содержит журналы по ядерной физике, физике высоких энергий, астрофизике, математической физике, механике и др.: [сайт]. – URL: <https://www.aps.org/> (дата обращения: 12.09.2022).

2. Электронный доступ к коллекции из 17 журналов базы данных компании AIP Publishing LLC (AIP). Тематические рубрики изданий включают основные разделы физики и смежных областей знания: [сайт]. – URL: <https://www.aip.org/> (дата обращения: 12.09.2022).

3. Электронный доступ и использование баз данных журналов компании IOP PUBLISHING LIMITED: База данных журнала Nuclear Fusion: [сайт]. – URL: <https://www.iop.org/> (дата обращения: 12.09.2022).

4. Электронный доступ к журналам и книгам издательства Elsevier на платформе ScienceDirect. Коллекция журналов Complete Freedom Collection: [сайт]. – URL: <http://info.sciencedirect.com/techsupport/journals/freedomcoll.htm> (дата обращения: 12.09.2022).

5. Электронный доступ к журналам, книгам и базам данных издательства Springer\_Nature: [сайт]. – URL: <https://www.springernature.com/gp> (дата обращения: 12.09.2022).

6. Электронный доступ к базе данных Cambridge Crystallographic Data Centre. База данных Кембриджского центра структурных данных CSD-Enterprise содержит данные о строении кристаллических органических и элементарноорганических соединений (800 000 структур, он-лайн и офф-лайн версии), комплекс программ для работы с ними для биологов, химиков и кристаллографов: [сайт]. – URL: <https://www.ccdc.cam.ac.uk/> (дата обращения: 12.09.2022).

VI. Электронный доступ к следующим изданиям:

1. Web of Science (авторитетная политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных: [сайт]. – URL: <https://webofknowledge.com/> (дата обращения: 12.09.2022).

2. Scopus (мультидисциплинарная библиографическая

и реферативная база данных и инструмент для отслеживания цитируемости статей, опубликованных в научных изданиях): [сайт]. – URL: <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic> (дата обращения: 12.09.2022).

3. Коллекция журналов Wiley (более 1600 изданий) с глубиной архива с 1997 г. по текущий момент: [сайт]. – URL: <https://www.wiley.com/> (дата обращения: 25.09.2022).

4. Science (один из самых авторитетных научных журналов Американской ассоциации содействия развитию науки): [сайт]. – URL: <https://www.science.org/> (дата обращения: 17.09.2022).

5. Institute of Physics (охватывает три направления области физики: образование, исследования и разработки): [сайт]. – URL: <https://www.iop.org/> (дата обращения: 15.08.2022).

6. Электронный доступ к архивам научных журналов: Annual Reviews: [сайт]. – URL: <https://www.annualreviews.org/> (дата обращения: 12.09.2022).

7. Cambridge University Press: [сайт]. – URL: <https://www.cambridge.org/core> (дата обращения: 21.06.2022).

8. Nature: [сайт]. – URL: <https://www.nature.com/> (дата обращения: 13.08.2022).

9. Oxford University Press: [сайт]. – URL: <https://global.oup.com/?cc=ru> (дата обращения: 12.09.2022).

10. SAGE Publications: [сайт]. – URL: <https://us.sagepub.com/en-us/nam/home> (дата обращения: 03.09.2022).

11. Science Magazine: [сайт]. – URL: <https://www.science.org/> (дата обращения: 14.09.2022).

12. Springer Journals Archiv с 1832 - 1996 гг.: [сайт]. – URL: <https://link.springer.com/> (дата обращения: 22.08.2022).

13. Taylor&Francis: [сайт]. – URL: <https://taylorandfrancis.com/> (дата обращения: 12.09.2022).



14. Wiley: [сайт]. – URL: <https://www.wiley.com/> (дата обращения: 12.09.2022).

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. При освоении дисциплины необходимы стандартная учебная аудитория с доской, ноутбук, мультимедийный проектор, экран. Аспирантам должен быть обеспечен доступ к сети Интернет и свободный доступ к библиотеке периодических изданий по предмету (в том числе и к электронным изданиям).

2. Лекции проводятся в стандартной аудитории, оснащенной в соответствии с требованиями преподавания теоретических дисциплин.