

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«___» _____ 20__ г. № ___

Рабочая программа дисциплины

Неорганическая химия

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

18.03.01 «Химическая технология»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Химическая технология веществ и материалов

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

___ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

Протокол от ___ 20__ г. № ___
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

___ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

Протокол от ___ 20__ г. № ___
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

___ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры

Протокол от ___ 20__ г. № ___
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

___ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

Протокол от ___ 20__ г. № ___
Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Неорганическая химия (Б1.О.03.01) относится к обязательной части ОПОП и является дисциплиной профессионального цикла. Преподается на первом курсе в первом и втором семестрах.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
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	<i>Знать</i> фактический материал, относящийся к распространенности и формам нахождения химических элементов в природе, принципам переработки минерального сырья, методам получения, строению, физическим свойствам и реакционной способности, практическому использованию неорганических веществ. <i>Уметь</i> анализировать свойства химических элементов на основании их положения в периодической системе, объяснять тенденции изменения свойств в ряду аналогичных веществ, на основании теории строения атома и химической связи раскрывать зависимость свойств веществ от их состава и строения. <i>Владеть</i> приемами анализа и систематизации результатов химических экспериментов, наблюдений и измерений.	<i>Устный опрос, беседа, коллоквиум, экзамен</i>
	ОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и	<i>Знать</i> фактический материал, относящийся к распространенности и формам нахождения химических элементов в природе, принципам переработки минерального сырья, методам получения, строению, физическим свойствам и реакционной способности, практическому использованию неорганических веществ.	<i>Устный опрос, беседа, коллоквиум, экзамен</i>

	новых разделов химии	<p><i>Уметь</i> прогнозировать свойства веществ, предсказывать вероятные продукты химического превращения в конкретных условиях, связывать свойства вещества с возможными областями их применения.</p> <p><i>Владеть</i> приемами интерпретации результатов собственных экспериментов с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.</p>	
	ОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	<p><i>Знать</i> фактический материал, относящийся к распространенности и формам нахождения химических элементов в природе, принципам переработки минерального сырья, методам получения, строению, физическим свойствам и реакционной способности, практическому использованию неорганических веществ.</p> <p><i>Уметь</i> формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных и собственных экспериментальных работ</p>	<i>Устный опрос, беседа, коллоквиум, экзамен</i>
ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<p><i>Знать</i> принципы безопасной работы с летучими, огнеопасными и едкими веществами.</p> <p><i>Уметь</i> безопасно выполнять основные лабораторные операции с использованием химических веществ.</p> <p><i>Владеть</i> методами безопасной работы с летучими, огнеопасными и едкими веществами.</p>	<i>Устный опрос, беседа</i>
	ОПК-2.2. Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик	<p><i>Знать</i> устройство и назначение основных лабораторных приборов (стеклянная и фарфоровая лабораторная посуда, устройства для нагревания и охлаждения) для выполнения синтеза неорганических веществ.</p> <p><i>Уметь</i> выполнять основные лабораторные операции получения и очистки веществ с использованием имеющихся методик.</p> <p><i>Владеть</i> методами обработки результатов эксперимента по синтезу неорганических веществ, включая расчет выхода продукта.</p>	<i>Устный опрос, беседа</i>
	ОПК-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их	<p><i>Знать</i> основные принципы проведения стандартных операций для определения химического и фазового состава веществ.</p> <p><i>Уметь</i> выполнять основные лабораторные операции для определения химического и фазового состава веществ.</p>	<i>Устный опрос, беседа</i>

	основе	<i>Владеть</i> методами обработки результатов эксперимента по определению химического и фазового состава веществ.	
	ОПК-2.4. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования	<i>Знать</i> принципы безопасной работы со стеклянной и фарфоровой посудой, нагревательными приборами, электрооборудованием. <i>Уметь</i> безопасно выполнять основные лабораторные операции по исследованию свойств неорганических веществ. <i>Владеть</i> методами безопасной работы с использованием серийного научного оборудования.	<i>Устный опрос, беседа</i>
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	<i>Знать</i> , как научные теории объясняют процессы взаимодействия веществ, описывают количественные соотношения между участниками химического превращения, указывают на возможность самопроизвольного протекания процесса, характеризуют скорость превращений, рассматривают состояние вещества и его превращения в растворах. <i>Уметь</i> составлять химические уравнения, расставлять стехиометрические коэффициенты, решать стандартные и комбинированные на их основе расчетные задачи, относящиеся к свойствам неорганических веществ и закономерностям их превращения, использовать закономерности физической химии для характеристики глубины превращения веществ. <i>Владеть</i> приемами решения стандартных и комбинированных на их основе расчетных задач.	<i>Устный опрос, беседа, контрольная работа, экзамен</i>
	ОПК-3.2. Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности	<i>Знать</i> возможности стандартного программного обеспечения для решения расчетных задач по неорганической химии. <i>Уметь</i> использовать стандартное программное обеспечение для решения расчетных задач по неорганической химии. <i>Владеть</i> необходимыми приемами использования стандартного программного обеспечения для решения расчетных задач по неорганической химии.	<i>Устный опрос, беседа, контрольная работа, экзамен</i>
ОПК-4 Способен планировать работы	ОПК-4.1. Использует базовые знания в области математики	<i>Знать</i> возможности алгоритмов, основанных на знаниях из области математики и физики, полезных при	<i>Устный опрос, беседа, допуск к лабораторной</i>

химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач	и физики при планировании работ химической направленности	планировании работ по неорганической химии. <i>Уметь</i> применять базовые знания в области математики и физики при планировании работ по неорганической химии. <i>Владеть</i> основными алгоритмами, основанными на базовых знаниях из области математики и физики при планировании работ по неорганической химии.	<i>работе, отчет о лабораторной работе</i>
	ОПК-4.2. Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик	<i>Знать</i> возможности способов аппроксимации численных характеристик химических процессов для нахождения физико-химических величин, описывающих процессы с участием неорганических веществ. <i>Уметь</i> применять методы аппроксимации экспериментальных данных для нахождения параметров протекания процессов с участием неорганических веществ. <i>Владеть</i> методикой нахождения кинетических характеристик химических процессов с участием неорганических веществ методом наименьших квадратов.	<i>Устный опрос, беседа, допуск к лабораторной работе, отчет о лабораторной работе</i>
	ОПК-4.3. Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений	<i>Знать</i> , как научные теории объясняют процессы взаимодействия веществ, описывают количественные соотношения между участниками химического превращения, указывают на возможность самопроизвольного протекания процесса, характеризуют скорость превращений, рассматривают состояние вещества и его превращения в растворах. <i>Уметь</i> интерпретировать результаты химических наблюдений на основе физических законов и представлений. <i>Владеть</i> приемами интерпретации результатов химических наблюдений на основе физических законов и представлений.	<i>Устный опрос, беседа, допуск к лабораторной работе, отчет о лабораторной работе</i>
ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном	ОПК-6.1. Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	<i>Знать</i> требования к стандартным формам отчета о результатах работы. <i>Уметь</i> представлять отчет о выполнении лабораторной работы по стандартной форме на русском языке. <i>Владеть</i> приемами составления отчета о выполнении лабораторной работы по стандартной форме на русском языке.	<i>Устный опрос, беседа, отчет о лабораторной работе</i>
	ОПК-6.2. Представляет информацию	<i>Знать</i> требования к составлению библиографического описания источников.	<i>Устный опрос, беседа, отчет о лабораторной работе</i>

сообществе	химического содержания с учетом требований библиографической культуры	Уметь составлять библиографические описания использованных источников в отчетах о выполнении лабораторных работ. Владеть методикой составления библиографических описаний использованных источников.	работе
	ОПК-6.3. Представляет результаты работы в виде тезисов доклада на русском и английском языке в соответствии с нормами и правилами, принятыми в химическом сообществе	Знать требования к форме и содержанию тезисов доклада, содержащего результаты экспериментальной работы. Уметь представлять результаты работы в виде тезисов доклада. Владеть приемами отбора материала в тезисы доклада.	Устный опрос, беседа, отчет о лабораторной работе
	ОПК-6.4. Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках	Знать требования к форме и содержанию презентации к докладу. Уметь создавать презентацию к докладу. Владеть приемами подготовки презентации к докладу.	Устный опрос, беседа, отчет о лабораторной работе

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная форма обучения
Общая трудоемкость	12 ЗЕТ		
Часов по учебному плану	432		
в том числе			
аудиторные занятия (контактная работа):			
- занятия лекционного типа	128	96	
- занятия семинарского типа	64	64	
- занятия лабораторного типа	128	128	
самостоятельная работа	34		
Промежуточная аттестация –	72	72	

экзамен и зачет			
-----------------	--	--	--

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)			в том числе														
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы										Самостоятельная работа обучающегося, часы				
				из них														
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего					
Очная				Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	
Раздел 1. Теоретические основы неорганической химии	88			32			16			32			80			8		
Раздел 2. Химия элементов-неметаллов	88			32			16			32			80			8		
Раздел 3. Химия элементов-металлов	170			60			32			64			156			14		
Раздел 4. Заключение	8			4									4			4		
Итого	354			128			64			128			320			34		

3.1. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Теоретические основы неорганической химии

Основные понятия и законы химии. Атомно-молекулярное учение. Классическое и современное понятие атома. Строение атома. Атомное ядро, нуклоны, электроны, электронные оболочки. Атомный номер и массовое число. Изотопы. Химические элементы. Химическая связь. Ионная и ковалентная связь. Молекулы и формульные единицы.

Моль. Постоянная Авогадро. Количество вещества. Масса, объем и плотность вещества. Атомная и молярная массы. Молярный объем. Атомная единица массы. Относительная атомная и молекулярная массы.

Химический индивид и его признаки. Однородность вещества, понятия фазы и области гомогенности. Характерное строение. Молекулярное и кристаллохимическое строение. Основные понятия химии твердого тела. Элементарная ячейка. Трансляция. Дальний порядок. Представление о полиморфизме и изоморфизме. Определенность состава и закон постоянства

состава. Закон кратных отношений. Химический индивид и чистое вещество. Сложное вещество и химическое соединение. Простое вещество и химический элемент. Аллотропия и полиморфизм.

Химическая символика. Номенклатура неорганических соединений.

Система и окружающая среда. Закрытые, открытые и изолированные системы. Гомогенные и гетерогенные системы. Состояние системы и параметры состояния. Стационарное и равновесное состояния системы. Процессы в системе и их классификация. Интенсивные и экстенсивные параметры состояния.

Понятие компонента. Способы выражения состава систем. Массовая и молярная доли. Молярная и моляльная концентрации. Титр. Растворимость. Закон сохранения массы и условие материального баланса. Молярная масса смеси.

Вариантность системы. Понятие независимого компонента. Правило фаз. Диаграмма состояния индивидуального вещества. Фигуративные точки. Фазовые переходы. Применение правила фаз для анализа диаграмм состояния.

Методы определения атомных и молекулярных масс. Экспериментальные методы определения молярных масс летучих веществ. Методы Реньо, Майера и Дюма. Расчет молярных масс из газовых законов. Определение молярных масс нелетучих веществ из коллигативных свойств растворов. Экспериментальное определение атомных масс. Методы, основанные на законе простых объемных отношений. Метод Канниццаро. Масс-спектрометрический метод. Оценка атомных масс из правила Дюлонга и Пти.

Газовые законы. Понятие идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная и ее физический смысл. Условия измерения объема. Молярный объем идеального газа. Закон Авогадро. Плотность и относительная плотность газов. Уравнения Клапейрона, Бойля и Мариотта, Гей-Люссака, Шарля.

Смеси идеальных газов. Парциальное давление компонента. Закон парциальных давлений. Объемная доля компонента газовой смеси. Давление насыщенного пара. Математическое описание эвдиометра.

Стехиометрия. Химическая переменная и ее связь с другими экстенсивными величинами. Избыток и недостаток реагентов. Выход продукта реакции. Массовая доля элемента в соединении и установление формул веществ. Простейшая и истинная формулы. Установление состава смесей. Стехиометрия реакций с участием газообразных веществ. Закон простых объемных отношений.

Понятие эквивалента. Эквивалентное число реакции. Эквивалентное число вещества и его физический смысл. Закон эквивалентов. Эквивалентная масса и эквивалентный объем. Эквивалентная масса бинарного соединения. Эквивалентная (нормальная) концентрация. Стехиометрия окислительно-восстановительных реакций и электрохимических процессов. Законы Фарадея. Постоянная Фарадея.

Основы термодинамики. Предмет термодинамики и ее возможности. Энергия и ее виды. Механическая и внутренняя энергия. Теплота и работа – формы передачи энергии. Знаки элементарной теплоты и элементарной работы. Зависимость теплоты и работы от пути процесса. Условия передачи теплоты и совершения работы. Представление теплоты и работы через факторы интенсивности и емкости. Полезная работа и работа расширения. Химическое сродство. Энтропия. Энтропия и термодинамическая вероятность. Постулат Больцмана.

Первое начало термодинамики, его содержание и математическое выражение. Энтальпия. Тепловой эффект. Тепловой эффект при постоянном давлении и постоянном объеме. Теплоемкость. Теплоемкость при постоянном давлении и постоянном объеме. Зависимость энтальпии от температуры. Уравнение Кирхгофа. Удельная и молярная теплоемкости.

Второе начало термодинамики, его содержание. Фундаментальное уравнение термодинамики. Критерий самопроизвольного протекания процесса в изолированной и закрытой системах.

Функция Гиббса и ее дифференциал. Функция Гиббса как критерий самопроизвольного протекания реакции. Уравнение Гиббса и Гельмгольца и его виды. Физический смысл слагаемых в уравнении Гиббса и Гельмгольца.

Зависимость функции Гиббса от давления. Химический потенциал. Стандартный химический потенциал. Относительное парциальное давление. Стандартное состояние газа. Стандартные условия.

Химическая термодинамика. Применение термодинамики к химическим процессам. Изменение экстенсивного свойства в ходе реакции. Взаимосвязь изменений термодинамических функций в ходе реакции. Термохимические уравнения и их линейные преобразования.

Законы Лавуазье – Лапласа и Гесса. Расчет изменений термодинамических функций в ходе реакции их молярных значений этих функций и функций образования и сгорания. Энтальпии образования и энтальпии сгорания веществ. Следствия из закона Гесса. Применение значений энергетических эффектов фазовых превращений и средних энергий химической связи в термохимических расчетах. Экспериментальное определение тепловых эффектов калориметрическим методом. Условие теплового баланса.

Химическое сродство. Уравнение изотермы химической реакции. Термодинамическая константа химического равновесия. Уравнение изобары реакции. Зависимость константы равновесия от температуры. Выражение константы равновесия через парциальные давления и концентрации. Взаимосвязь констант химического равновесия. Предсказание направления процесса из уравнений изотермы и изобары реакции. Принцип динамического равновесия Ле Шателье. Расчет состава равновесной смеси из табличных значений термодинамических функций.

Термодинамика фазовых переходов. Зависимость давления пара от температуры. Энтропия фазового перехода. Зависимость энтропии вещества от температуры. Абсолютная энтропия вещества.

Растворы. Истинные и коллоидные растворы. Насыщенные и ненасыщенные растворы. Концентрированные и разбавленные растворы.

Растворение как физико-химический процесс. Растворимость веществ и ее температурная зависимость. Энтальпия растворения, энергия кристаллической решетки и энтальпия сольватации.

Коллигативные свойства растворов. Изотонический коэффициент, его связь со степенью диссоциации. Давление пара над раствором. Тонкоскопический закон. Повышение точки кипения раствора. Эбулиоскопический закон. Понижение точки начала кристаллизации растворителя. Криоскопический закон. Осмос. Осмотическое давление. Применение коллигативных свойств для определения молярных масс веществ.

Химический потенциал растворенного вещества и растворителя. Несимметричная система стандартных состояний. Реальные газы и реальные растворы. Летучесть и активность. Объединенная система стандартных состояний.

Равновесие газ – жидкость. Закон Генри и его термодинамическое обоснование. Константа Генри. Коэффициент растворимости Оствальда. Коэффициент абсорбции Бунзена.

Равновесие жидкость – жидкость. Закон распределения Нернста и его термодинамическое обоснование. Коэффициент распределения. Исходный раствор, экстрагент, экстракт и рафинат. Коэффициент экстракции. Доля неэкстрагированного вещества. Однократная и многократная экстракция, их характеристические уравнения.

Равновесие твердое тело – жидкость. Диаграммы плавкости двухкомпонентных систем. Фигуративные точки и их значение. Диаграмма плавкости системы, образующей

непрерывный ряд твердых растворов. Диаграммы плавкости эвтектического типа с полной взаимной нерастворимостью и ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Диаграмма плавкости системы, компоненты которой образуют химическое соединение. Область гомогенности химического соединения. Применение правила фаз к анализу диаграмм плавкости. Расчет количеств равновесных фаз и частей системы. Кривые охлаждения как источник диаграмм плавкости.

Электролитическая диссоциация. Электролиты. Электролитическая диссоциация и ее термодинамическое описание. Константа и степень диссоциации. Сильные и слабые электролиты.

Основные идеи теорий кислот и оснований. Теория электролитической диссоциации Аррениуса, теория сольвосистем Франклина, протонная теория Бренстеда и Лоури, теория Усановича, теория жестких и мягких кислот и оснований Пирсона. Автопротолиз растворителя. Водородный показатель.

Кисотно-основное равновесие. Точный и приближенный расчет ионных равновесий. Ионные равновесия в растворах сильных кислот и оснований. Ионные равновесия в растворах слабых кислот и оснований. Закон разбавления Оствальда. Гидролиз. Способы усиления и подавления гидролиза. Ионные равновесия в растворах гидролизующихся солей. Константа и степень гидролиза. Буферные растворы. Ионные равновесия в буферных растворах.

Равновесие осаждения – растворения и его термодинамическое описание. Произведение растворимости. Условия выпадения и растворения осадка.

Равновесие комплексообразования. Комплексообразователь и лиганды. Координационное число. Общая и ступенчатые константы образования. Константа нестойкости.

Применение значений констант диссоциации, произведения растворимости и констант комплексообразования для предсказания возможности протекания ионных реакций.

Окислительно-восстановительные реакции. Окисление и восстановление. Окислитель и восстановитель. Важнейшие окислители и восстановители, продукты их химического превращения в различных средах. Расстановка коэффициентов в уравнениях реакций методами электронного баланса и полуреакций.

Электрохимия. Проводники первого и второго рода. Понятие электрода и электродной реакции. Классификация электродов. Электродный потенциал. Зависимость электродного потенциала от концентрации. Уравнение Нернста.

Электрохимическая ячейка. Гальванический элемент и его термодинамическое описание. ЭДС гальванического элемента. Определение термодинамических функций по электрохимическим данным. Электролиз. Напряжение разложения. Составление уравнений процессов электролиза. Практическое применение электролиза.

Химическая кинетика и катализ. Скорость химической реакции. Механизм реакции. Простые и сложные реакции.

Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов. Закон действующих масс. Кинетическое уравнение. Константа скорости химической реакции. Порядок и молекулярность реакций. Кинетические кривые и их уравнения.

Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса. Температурный коэффициент скорости реакции. Энергия активации и ее физический смысл. Энергетическая диаграмма реакции. Предэкспоненциальный множитель. Частотный и пространственный факторы.

Катализ и катализаторы. Гомогенный и гетерогенный катализ. Ингибиторы. Промоторы. Примеры каталитических реакций.

Комплексные соединения. Основные понятия и определения. Комплексное соединение. Внешняя сфера. Внутренняя сфера. Комплексообразователь (центральный атом). Лиганды (адденты). Координационное число. Дентатность. Мостиковые лиганды. Кластеры.

Основные положения координационной теории А.Вернера. Главная и побочная валентности.

Классификация комплексных соединений. Классификация по заряду внутренней сферы. Нейтральные, катионные и анионные комплексы. Классификация по природе лиганда. Аквакомплексы, аммиакаты, гидроксидные комплексы, ацидокомплексы, карбонилы, смешаннолигандные комплексы. Классификация по числу центральных атомов во внутренней сфере. Одноядерные и многоядерные комплексы. Особые группы комплексных соединений. Хелаты, двойные соли, изополисоединения, гетерополисоединения.

Изомерия комплексных соединений. Структурная изомерия. Междусферная изомерия (ионизационная, гидратная, молекулярная (сольватная) изомерия). Лигандная изомерия (изомерия лиганда, связевая (солевая) изомерия). Координационная изомерия (метамерия и полимерия). Пространственная изомерия (геометрическая и оптическая изомерия).

Номенклатура комплексных соединений. Тривиальная и систематическая номенклатура. Правила формирования названий катионных, нейтральных и анионных комплексов. Указание числа лигандов, природы лиганда и степени окисления центрального атома. Указание числа сложных лигандов. Указание на мостиковые лиганды и лиганды, координированные несколькими атомами. Составление систематических названий комплексных соединений.

Термодинамическая и кинетическая стабильность комплексов. Устойчивые и неустойчивые комплексы. Инертные и лабильные комплексы. Обсуждение термодинамической стабильности комплексов с позиций теории жестких и мягких кислот и оснований.

Природа химической связи в комплексных соединениях. Основные идеи метода валентных связей, теории кристаллического поля, метода молекулярных орбиталей и теории поля лигандов. Методологическое значение теории строения комплексных соединений.

Предсказание строения и свойств комплексных соединений с позиций метода валентных связей. Определение электронной конфигурации центрального атома. Внешнеорбитальные и внутриорбитальные комплексы. Высокоспиновые и низкоспиновые комплексы. Роль природы лиганда в образовании внешнеорбитальных и внутриорбитальных комплексов. Предсказание кинетической устойчивости комплексов. Отнесение комплексного соединения к внешнеорбитальным и внутриорбитальным комплексам. Предсказание координационного числа, типа гибридизации и геометрической формы комплекса и его магнитных свойств.

Предсказание строения и свойств комплексных соединений с позиций теории кристаллического поля. Предсказание относительного расположения орбиталей центрального атома в поле лигандов октаэдрической, тетраэдрической и плоскоквадратной симметрии. Параметр расщепления. Спектрохимический ряд. Оценка величины расщепления d -подуровня центрального атома. Заполнение расщепленного уровня электронами в случае лигандов сильного и слабого поля. Предсказание окраски комплексного соединения из значения параметра расщепления. Предсказание поведения комплекса в магнитном поле. Энергия стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП). Расчет ЭСКП для октаэдрических и тетраэдрических комплексов, образованных лигандами сильного и слабого поля. Предсказание кинетической устойчивости комплексов с позиций теории кристаллического поля.

Хелатные комплексы. Хелатный эффект. Правило циклов. Примеры хелатообразующих лигандов. Внутрикислотные соединения.

π -Комплексы. Образование координационной связи в π -комплексах. Примеры π -комплексов. π -Дативное взаимодействие на примере ферроцена и бис-(бензол)хрома.

Химические реакции с участием комплексных соединений. Реакции перемещения лигандов между внешней и внутренней сферами. Диссоциация комплексных соединений по внешней и внутренней сферам. Ступенчатые и общие (полные) константы образования. Константа нестойкости. Расчет ионных равновесий в растворах комплексных соединений. Реакции замещения лиганда. Диссоциативный и ассоциативный механизмы замещения. Представление процессов диссоциации комплекса как процессов замещения лигандов молекулами воды. Стереохимия процессов замещения в квадратных и октаэдрических комплексах. Явление транс-влияния. Ряд транс-влияния. Предсказание строения продуктов замещения с позиций представлений о транс-влиянии. Перераспределение лигандов и образование смешанных комплексов. Внутримолекулярные превращения комплексного соединения. Химические превращения координированных лигандов. Протонирование и депротонирование лиганда. Гидроксоляция и ее последствия. Преодоление гидроксоляции в кислых и щелочных средах. Изомеризация лигандов. Реакции присоединения, внедрения и конденсации с органическим координированным лигандом. Металлокомплексный катализ. Окислительно-восстановительные превращения центрального атома. Влияние природы лиганда на значения окислительно-восстановительных потенциалов превращений центрального атома.

Значение комплексных соединений в природе, технологии, сельском хозяйстве, медицине.

Раздел 2. Химия элементов – неметаллов

Водород. Строение атома и валентные возможности. Положение в периодической системе. Изотопный состав, значение изотопов водорода в атомной технике. Нахождение в природе. Атомарный водород, получение, свойства, применение.

Простое вещество водород. Получение, строение, свойства, применение, техника работы. Растворение водорода в металлах.

Ион водорода. Состояние в водном растворе, ион гидроксония. Получение, строение, свойства соединений гидроксония. Кислоты, техника работы с ними.

Гидриды и их классификация. Гидрид-ион. Ионные гидриды. Получение, строение, свойства, применение ионных гидридов. Комплексные гидриды, получение, строение, свойства, применение. Техника работы с ионными и комплексными гидридами.

Кислород. Строение атома и валентные возможности. Нахождение в природе. Изотопный состав. Атомарный кислород, получение и свойства.

Простое вещество кислород. Получение, строение, свойства, применение, техника работы. Парамагнетизм кислорода. Жидкий кислород, оксидквиты. Молекулярный ион кислорода. Соединения диоксигенила, получение, строение, свойства, применение.

Простое вещество озон. Получение, строение, свойства, применение, техника работы. Сравнение химических свойств кислорода и озона. Озонид-ион, озониды, получение, строение, свойства, применение.

Соединения водорода и кислорода и их производные. Вода. Нахождение в природе, роль в природе и технике. Методы очистки воды. Строение молекулы, водородные связи. Физические свойства воды, их аномалии. Диаграмма состояния воды. Химические свойства воды. Автопротолиз. Термическая диссоциация. Радиолиз воды. Обменные и окислительно-восстановительные реакции с участием воды.

Гидроксиды, их классификация. Гидроксид-ион и ионные гидроксиды. Получение, строение, свойства, применение, техника работы. Амфотерные гидроксиды. Гидроксидные комплексы.

Оксиды, их классификация. Оксид-ион и ионные оксиды. Получение, строение, свойства, применение. Амфотерные оксиды. Соли кислородсодержащих кислот как оксидные комплексы.

Пероксид водорода. Получение, строение, свойства и применение. Ионные пероксиды, получение, строение, свойства, применение, техника работы. Пероксокислоты. Пероксосольваты. Пероксокомплексы.

Надпероксид водорода и надпероксиды. Получение, строение, свойства и применение.

Галогены. Общая характеристика элементов подгруппы галогенов. Строение атомов и валентные возможности атомов фтора, хлора, брома и йода. Атомарные галогены, получение, изменение химической активности в подгруппе.

Фтор и его соединения. Простое вещество фтор. Нахождение в природе. Получение химическими и электрохимическими методами, строение, физические и химические свойства, применение.

Фтороводород. Получение, строение, свойства, применение, техника работы. Аномалии физических свойств фтороводорода и его водных растворов, их причины. Травление стекла. Фториды. Ионные фториды, получение, строение, свойства, применение. Амфотерные фториды и фторидные комплексы. Гидрофториды, получение, строение, свойства, применение.

Кислородные соединения фтора, получение, строение, свойства и применение.

Хлор и его соединения. Простое вещество хлор. Нахождение в природе, лабораторные и технические способы получения, строение, свойства, применение, техника работы.

Хлороводород. Лабораторные и технические способы получения, строение, свойства, применение. Цепная реакция синтеза хлороводорода из простых веществ и ее механизм. Растворимость в воде, хлористоводородная (соляная) кислота, техника работы. Понятие азеотропной смеси. Ионные хлориды, получение, строение, свойства, применение. Хлоридные комплексы. Ковалентные хлориды и хлорангидриды кислот.

Кислородные соединения хлора. Оксид дихлора, диоксид хлора, гексаоксид дихлора, гептаоксид дихлора. Получение, строение, свойства, применение этих соединений.

Кислородсодержащие кислоты хлора и анионы этих кислот. Хлорноватистая, хлористая, хлорноватая и хлорная кислоты. Гипохлориты, хлориты, хлораты и перхлораты. Получение, строение, свойства и применение этих соединений. Хлорная вода, хлорная известь и жавелева вода. Бертолетова соль. Ангидрон. Техника работы с ними. Сравнение термической устойчивости, кислотных свойств и окислительной активности кислородсодержащих кислот хлора и их солей.

Бром, йод и их соединения. Простые вещества бром и йод. Нахождение в природе, методы получения и очистки, физические и химические свойства, применение, техника работы. Растворимость в воде и органических растворителях. Экстракция брома и иода. Сравнение физических и химических свойств галогенов. Порядок взаимного вытеснения галогенов из галогенид-ионов. Проявление металлических свойств йодом. Иодидное рафинирование металлов как пример химических транспортных реакций.

Бромоводород и йодоводород. Получение, строение, свойства, применение, техника работы. Растворимость в воде, бромоводородная и йодоводородная кислоты. Ионные бромиды и иодиды, получение, строение, свойства и применение. Полибромиды и полийодиды. Сравнение термической устойчивости и кислотных свойств галогеноводородных кислот. Сравнение восстановительных свойств галогеноводородов и галогенид-ионов.

Кислородные соединения брома и йода, их малая устойчивость. Пентаоксид дийода, получение, строение, свойства и применение.

Кислородсодержащие кислоты брома и йода и анионы этих кислот. Бромноватистая, бромноватая и бромная кислоты. Гипобромиты, броматы и перброматы. Йодноватистая, йодноватая, ангидройодноватая и йодные кислоты. Гипойодиты, йодаты и периодаты. Получение, строение, свойства и применение этих соединений. Бромная и йодная вода. Амфотерность йодноватистой кислоты. Склонность йода к образованию ортокислот.

Межгалогенные соединения. Получение, строение, свойства, применение. Кислотный характер межгалогенных соединений, их окислительные свойства, склонность к комплексообразованию.

Элементы подгруппы серы. Халькогены. Общая характеристика элементов подгруппы галогенов. Строение атомов и валентные возможности атомов серы, селена и теллура. Биологическая роль элементов, техника работы с их соединениями.

Сера и ее соединения. Простое вещество сера. Нахождение в природе. Получение и методы очистки. Строение. Полиморфные модификации серы. Поведение серы при нагревании и охлаждении. Физические и химические свойства. Применение.

Соединения серы с водородом и их производные. Сероводород и сульфаны, получение, строение, свойства, применение. Техника работы с сероводородом. Сульфиды, гидросульфиды и полисульфиды металлов, получение, строение, свойства и применение. Применение сульфидов в качественном анализе неорганических соединений. Сульфиды металлов как важнейшее минеральное сырье. Ковалентные сульфиды, тиокислоты и их соли.

Кислородные соединения серы. Диоксид и триоксид серы. Получение, строение, свойства, применение, техника работы.

Кислородсодержащие кислоты серы и анионы этих кислот. Сернистая кислота, сульфиты, гидросульфиты и дисульфиты, получение, строение, свойства и применение. Серная кислота, сульфаты, гидросульфаты, пиросерная кислота и пиросульфаты. Нитрозилсерная кислота. Получение, строение, свойства, применение и техника работы. Олеум. Производство серной кислоты контактным и нитрозным способами. Значение серной кислоты в химической промышленности. Гидросернистая, тиосернистая, политионовые кислоты и их соли, получение, строение, свойства и применение. Жидкость Вакенродера. Пероксокислоты серы и соли этих кислот, получение, строение, свойства и применение.

Галогениды и галогенангидриды кислородсодержащих кислот серы. Хлористый тионил и хлористый сульфурил, получение, строение, свойства, применение, техника работы. Хлорсульфоновая кислота, получение, строение, свойства, применение. Дихлорид дисеры, дихлорид серы, получение, строение, свойства, применение.

Селен, теллур и их соединения. Простые вещества селен и теллур. Получение, строение, свойства и применение.

Селеноводород, теллуrowодород, селениды и теллуриды. Получение, строение, свойства, применение, техника работы. Сравнение термической устойчивости и кислотных свойств водородных соединений элементов подгруппы серы. Сравнение восстановительных свойств водородных соединений элементов и халькогенидов.

Кислородные соединения селена и теллура. Диоксиды селена и теллура. Получение, строение, свойства и применение. Сравнение кислотных и окислительно-восстановительных свойств диоксидов серы, селена и теллура. Основные свойства диоксида теллура. Триоксид селена, получение, строение, свойства.

Селенистая и теллуристая кислоты, селениты и теллуриты. Получение, строение, свойства и применение. Сравнение кислотных и окислительно-восстановительных свойств сернистой, селенистой и теллуристой кислот.

Селеновая и теллуrowая кислоты, селенаты и теллураты. Получение, строение, свойства и применение. Склонность теллура к образованию ортокислоты. Сравнение кислотных и окислительных свойств серной, селеновой и теллуrowой кислот.

Галогениды селена и теллура. Тетрахлорид и тетраиодид теллура. Получение, строение, свойства, применение. Кислотный характер галогенидов теллура.

Азот. Строение атома и валентные возможности. Нахождение в природе. Биологическая роль азота.

Простое вещество азот. Получение, строение, свойства, применение. Жидкий азот. Причины прочности молекулы и химической инертности. Проблема связывания атмосферного азота.

Соединения водорода с азотом и их производные. Аммиак, получение, строение, свойства, применение, техника работы. Жидкий аммиак. Физико-химические основы промышленного синтеза аммиака. Водный раствор аммиака, гидроксид аммония. Аммиачные комплексы. Соли аммония, получение, строение, свойства, применение. Термический распад солей аммония. Нитриды, амиды и имидазы, получение, строение, свойства, применение. Гидразин, получение, строение, свойства, применение. Соли гидразина. Гидроксиламин, получение, строение, свойства, применение. Соли гидроксиламина. Азотистоводородная кислота и азиды, получение, строение, свойства, применение.

Кислородные соединения азота. Оксонитрид азота, оксид азота, триоксид диазота, диоксид азота, тетраоксид диазота, пентаоксид диазота. Получение, строение, свойства и применение этих соединений. Биологическое действие оксидов азота и техника работы с ними. Магнитные свойства молекул оксидов азота.

Кислородсодержащие кислоты азота и анионы этих кислот. Азотистая кислота и нитриты, получение, строение, свойства, применение. Азотная кислота и нитраты, получение, строение, свойства и применение. Сравнение кислотных и окислительных свойств азотной и азотистой кислот. Продукты восстановления нитрат-иона. Промышленное получение азотной кислоты. Царская водка. Природные нитраты. Термическое разложение нитратов. Азотные удобрения. Взрывчатые вещества.

Соединения азота с галогенами. Трифторид азота, нитриды хлора и йода, получение, строение, свойства. Различия в поведении соединений азота с галогенами в обменных реакциях.

Фосфор. Строение атома и валентные возможности. Нахождение в природе.

Простое вещество фосфор, получение. Аллотропные модификации фосфора. Белый и красный фосфор, их строение. Физические и химические свойства, применение и техника работы.

Соединения фосфора с водородом и их производные. Фосфин и дифосфин, получение, строение, свойства и применение. Соли фосфония, получение, строение, свойства. Сравнение свойств аммиака и фосфина, солей аммония и солей фосфония. Фосфиды металлов, получение, строение, свойства, применение.

Соединения фосфора с кислородом. Фосфористый и фосфорный ангидриды, получение, строение, свойства и применение.

Кислородсодержащие кислоты фосфора и анионы этих кислот. Фосфорные ортокислота, метакислота, пирокислота и их соли. Получение, строение, свойства, применение. Взаимный переход фосфорных кислот и их солей. Полимерное строение фосфорной метакислоты и метафосфатов. Роль производных фосфорной кислоты в биологических процессах. Фосфорные удобрения. Фосфористая кислота и фосфиты, получение, строение, свойства и применение. Фосфорноватистая кислота и гипофосфиты, получение, строение, свойства, применение. Фосфорноватая кислота и гипофосфаты. Получение, строение, свойства. Фосфористофосфорная кислота, получение, строение, свойства. Основность кислородсодержащих кислот фосфора.

Соединения фосфора с галогенами. Тригалогениды, пентагалогениды и оксотригалогениды фосфора, получение, строение, свойства, применение. Неорганические полимеры на основе галогенидов фосфора, фосфонитрилхлорид.

Углерод. Строение атома и валентные возможности. Нахождение в природе, изотопный состав. Органические и неорганические соединения углерода, их многообразие. Предмет органической химии.

Простое вещество углерод. Получение. Аллотропные модификации углерода. Кристаллическая структура алмаза и графита, строение карбина и фуллеренов. Физические и химические свойства, применение алмаза и графита. Аморфный углерод. Активированный уголь.

Соединения углерода с водородом и их производные. Классификация углеводородов. Метан, этилен и ацетилен, получение, строение, свойства, применение. Причины устойчивости углеродных цепочек. Органические полимеры, их роль в биологии и технике. Карбиды, их классификация по типу химической связи, получение, свойства и применение. Понятие о металлорганических соединениях и металлокомплексах.

Соединения углерода с кислородом. Моноксид и диоксид углерода, получение, строение, свойства и применение. Сравнение строения молекул азота и монооксида углерода. Физиологическое действие оксидов углерода и техника работы с ними. Координационные соединения монооксида углерода, карбонилы.

Кислородсодержащие кислоты углерода и анионы этих кислот. Угольная, муравьиная и щавелевая кислоты. Карбонаты и гидрокарбонаты, формиаты и оксалаты, получение, строение, свойства и применение.

Соединения углерода с галогенами. Тетрахлорметан, трихлорметан, фосген, получение, строение, свойства и применение. Фторпроизводные углеводородов фреоны, тетрафторэтилен, фторопласты, их применение.

Соединения углерода с азотом. Дициан, синильная кислота и цианиды, получение, строение, свойства, применение, техника работы. Цианидные комплексы. Цианистые соединения как псевдогалогениды. Циановая, изоциановая и гремучая кислоты, цианаты, изоцианаты и фульминаты, их строение. Цианамид и цианамиды металлов, получение, строение, свойства, применение. Карбамид, получение, строение, свойства, применение.

Соединения углерода с серой. Сероуглерод, получение, строение, свойства, применение. Тиоугольная кислота и тиокарбонаты, получение, строение, свойства. Роданистоводородная кислота и роданиды, получение, строение, свойства. Роданидные комплексы.

Кремний. Строение атома и валентные возможности. Нахождение в природе. Роль кремния в построении земной коры.

Простое вещество кремний. Получение и очистка кремния. Кристаллическая структура кремния, его физические и электрические свойства. Химические свойства кремния. Применение кремния.

Соединения кремния с водородом и их производные. Силан, получение, строение, свойства, применение. Дисилан, получение, строение. Сравнение свойств силанов и углеводородов. Силициды металлов, получение, строение, свойства, применение.

Соединения кремния с кислородом. Диоксид кремния, получение, строение, свойства, применение. Полиморфные модификации диоксида кремния. Аморфный диоксид кремния и кварцевое стекло. Монооксид кремния, получение, свойства.

Кислородсодержащие кислоты кремния и анионы этих кислот. Кремниевые кислоты, силикаты. Получение, строение, свойства, применение. Золь и гель кремниевой кислоты, силикагель, получение, применение. Природные силикаты. Асбест, слюда, полевые шпаты, каолин. Синтетические силикаты. Силикатные стекла, ситаллы, цемент, бетон. Алюмосиликаты.

Соединения кремния с галогенами. Тетрафторид кремния, гексафторокремниевая кислота и гексафторосиликаты, получение, строение, свойства, применение. Тетрахлорид кремния, получение, строение, свойства, применение. Трихлорсилан.

Соединения кремния с углеродом. Карбид кремния, получение, строение, свойства, применение. Кремнийорганические соединения: алкилхлорсиланы, силиконы, силоксаны.

Бор. Строение атома и валентные возможности. Электронный дефицит атома бора в ковалентных соединениях. Нахождение в природе, изотопный состав.

Простое вещество бор. Получение, свойства, применение.

Соединения бора с водородом. Гомологические ряды боранов. Диборан, получение, строение, свойства, применение, техника работы. Борогидриды. Тетрагидридоборат натрия, получение, строение, свойства, применение. Соединения бора с металлами, получение, применение.

Кислородные соединения бора. Борный ангидрид, получение, строение, свойства, применение. Боросиликатные стекла.

Кислородсодержащие кислоты бора и их анионы. Борная ортокислота, получение, строение, свойства, применение. Метабораты и тетрабораты, получение, строение, свойства, применение. Сложные эфиры борной кислоты.

Соединения бора с галогенами. Трифторид бора, получение, строение, свойства, применение. Тетрафтороборная кислота и тетрафторобораты, получение, строение, свойства, применение. Трихлорид, трибромид и трийодид бора, получение, строение, свойства, применение.

Соединения бора с водородом. Боразол, получение, строение, свойства, применение. Неорганические полимеры на основе бора. Боразон, кубическая и гексагональная модификации, строение, свойства, применение. Аналогия строения с аллотропными модификациями углерода.

Инертные газы. Строение атомов и валентные возможности. Нахождение в природе, получение. Разделение смесей инертных газов.

Простые вещества. Одноатомное строение молекулы, неустойчивость двухатомных молекул. Физические и химические свойства, их изменение в подгруппе. Применение простых веществ.

Соединения инертных газов с фтором. Дифторид, тетрафторид и гексафторид ксенона, получение, строение, свойства, применение. Соединения ксенона с фторсодержащими анионами элементов. Гексафтороплатинат ксенона, получение, строение, свойства, применение.

Кислородные соединения ксенона. Триоксид и тетраоксид ксенона, получение, строение, свойства.

Кислородсодержащие кислоты ксенона и их анионы. Ксеноновая кислота, ксенаты и перксенаты, получение, строение, свойства.

Раздел 3. Химия элементов – металлов

Щелочные металлы. Положение щелочных элементов в периодической системе. Электронное строение атомов щелочных элементов и их валентные возможности. Изотопный состав, распространенность. Нахождение в природе. Наиболее важные минералы: сподумен, каменная соль, альбит, криолит, глауберова соль, сильвинит, карналлит, лепидолит, карналлит, поллуцит. Комплексные соединения рубидия и цезия, используемые для получения чистых препаратов рубидия и цезия.

Щелочные металлы. Получение из природного сырья. Физические и химические свойства щелочных металлов, применение.

Соединения щелочных элементов с неметаллами. Гидриды, оксиды, пероксиды, надпероксиды, озониды, нитриды, галогениды, сульфиды. Получение, строение, свойства, применение. Изменение термической устойчивости и состава кислородных соединений в подгруппе щелочных металлов.

Гидроксиды щелочных элементов, получение, строение, свойства, применение.

Соли щелочных элементов и кислородсодержащих кислот. Сульфаты и гидросульфаты, получение, строение, свойства, применение. Кристаллогидраты сульфата натрия, диаграмма

состояния. Двойные соли (квасцы и шениты). Нитраты, получение, строение, свойства, применение. Карбонаты и гидрокарбонаты, получение соды (аммиачный и сульфатный методы) и поташа, свойства, применение. Каустификация соды. Средние и кислые фосфаты, получение, строение, свойства, применение. Кристаллогидраты наиболее важных солей щелочных металлов. Изменение состояния гидратации катионов щелочных металлов в водных растворах их солей по ряду литий-цезий. Калийные удобрения. Малорастворимые соли лития, натрия и калия. Изменение термической устойчивости карбонатов, нитратов, сульфатов в ряду литий-цезий. Комплексообразующие свойства катионов щелочных металлов.

Бериллий. Электронное строение атома и валентные возможности. Распространенность бериллия, изотопный состав, важнейшие минералы. Переработка берилла (щелочной и сернокислотный, способ). Токсичность бериллия и его соединений.

Простое вещество бериллий, получение, свойства и применение в технике бериллия и его сплавов.

Соединения бериллия. Оксид и гидроксид бериллия, получение, свойства, применение. Соли бериллия и бериллаты, получение, строение, свойства. Основные и комплексные карбонаты бериллия, их получение, строение, свойства. Оксиацетат бериллия, получение, строение, свойства, применение. Галогениды бериллия (фториды и хлориды), получение, строение, свойства. Применение соединений бериллия. Амфотерность соединений бериллия. Состояние иона бериллия в водном растворе. Гидролиз солей бериллия и бериллатов, гидроксолияция иона бериллия в водном растворе.

Магний. Положение магния в периодической системе, строение атома и валентные возможности. Распространенность, изотопный состав, минералы магния (доломит, магнезит, карналлит).

Простое вещество магний. Получение магния из минерального сырья, физические и химические свойства, применение. Металлохимическая активность магния. Сплавы магния, их значение для современной техники.

Соединения магния. Оксид и гидроксид магния, получение, строение, свойства, применение. Галогениды магния, получение, свойства, применение. Магнезиальный цемент. Получение безводных галогенидов магния.

Соли магния и кислородсодержащих кислот. Сульфат магния, получение, свойства, применение. Карбонат и гидрокарбонат магния, получение, свойства, применение. Фосфат магния, двойной фосфат магния и аммония, получение, свойства, применение. Гидролиз растворимых солей магния.

Щелочноземельные металлы. Строение атомов кальция, стронция, бария. Распространенность в природе; изотопный состав. Минералы кальция, стронция и бария.

Простые вещества кальций, стронций и барий. Получение, физические и химические свойства, применение.

Соединения щелочноземельных элементов. Оксиды, пероксиды, надпероксиды и гидроксиды, получение, строение, свойства, применение. Гидриды кальция, стронция, бария, получение, строение, свойства, применение. Галогениды, получение, строение, свойства, применение. Гигроскопичность хлорида кальция. Нитриды, получение, строение, свойства.

Растворимые соли (галогениды, нитраты, ацетаты) и нерастворимые (сульфаты, карбонаты, оксалаты) соли щелочноземельных элементов. Получение, строение, свойства, применение. Изменение термической устойчивости карбонатов, сульфатов, нитратов в ряду кальций-стронций-барий. Комплексообразующая способность ионов щелочноземельных металлов.

Жесткость воды. Временная и постоянная жесткость. Термический и химические методы устранения жесткости воды. Содовый, натронный и фосфатный способы. Устранение

жесткости воды с помощью комплексонов. Деминерализация воды с помощью ионообменных материалов.

Переработка и использование природных соединений кальция. Известняк, мрамор, мел. Негашеная, гашеная и хлорная известь, известковая вода и известковое молоко, их получение и применение. Вяжущие материалы. Гипс, ангидрит и алебастр, их получение, свойства, применение. Производство цемента. Мергель, клинкер, цемент, бетон, железобетон. Процессы схватывания и отвердевания цемента.

Изменение физических и химических свойств простых и сложных веществ, образованных элементами главной подгруппы II группы периодической системы (бериллий, магний, кальций, стронций, барий).

Алюминий. Строение атома алюминия. Распространенность, изотопный состав. Минералы алюминия (боксит, нефелин, каолин). Переработка боксита на окись алюминия.

Простое вещество алюминий. Получение алюминия и его производство. Физические и химические свойства алюминия. Применение алюминия и его сплавов.

Соединения алюминия (III). Гидрид алюминия и алюмогидриды щелочных металлов, получение, строение, свойства, применение.

Оксид алюминия (III). Получение, строение, свойства. Корунд, природные и искусственные рубины. Гидроксид алюминия, получение, свойства, применение. Старение гидроксида алюминия за счет процессов гидроксиляции. Алюминаты, их получение твердофазным синтезом и в водных растворах, строение и свойства. Гидролиз алюминатов.

Бинарные соединения алюминия (III). Галогениды алюминия, получение, строение безводных галогенидов, свойства, применение. Субгалогениды алюминия, их получение, строение, свойства и применение. Сульфид, нитрид и карбид алюминия, получение, свойства, применение.

Соли алюминия (III). Получение, строение, свойства, применение. Комплексные соединения и двойные соли алюминия. Гидролиз соединений алюминия (III).

Соединения алюминия (I). Субгалогениды алюминия, получение, свойства. Очистка алюминия субгалогенидным методом.

Редкоземельные элементы (скандий, иттрий, лантан и лантаноиды). Общая характеристика элементов подгруппы скандия. История открытия редкоземельных элементов. Строение электронных оболочек атомов, характерные валентные состояния, устойчивые степени окисления. Явление лантаноидного сжатия. Распространенность, изотопный состав, нахождение в природе.

Простые вещества. Получение, физические и химические свойства редкоземельных металлов, их применение.

Оксиды, гидроксиды, соли редкоземельных элементов (III), получение, строение, свойства, применение. Комплексные соединения и двойные соли. Разделение смесей редкоземельных элементов методами ионообменной хроматографии, дробной кристаллизации их солей и фракционным осаждением малорастворимых соединений (гидроокисей, оксалатов, двойных сульфатов). Летучие соединения редкоземельных элементов (циклопентадиениды, дикетонаты), получение, строение, свойства. Применение комплексных соединений редкоземельных элементов с органическими полидентатными лигандами для разделения смесей и очистки этих элементов методами экстракции и сублимации. Использование соединений редкоземельных элементов в современной технике.

Оксид, гидроксид и соли церия (IV), получение, свойства, применение.

Оксид, гидроксид и соли европия (II), получение, свойства, применение.

Элементы подгруппы титана. Общая характеристика элементов подгруппы титана. Строение атомов титана, циркония, гафния. Валентные состояния элементов подгруппы

титана. Нахождение в природе. Важнейшие минералы титана, циркония и гафния. Титан как рассеянный элемент.

Простые вещества титан, цирконий, гафний. Способы получения. Очистка простых веществ методом йодидного рафинирования. Физические и химические свойства. Применение металлических титана, циркония, гафния и сплавов на их основе.

Соединения титана (IV), циркония (IV), гафния (IV). Диоксиды и гидрооксиды титана, циркония, гафния. Получение, строение, свойства, применение. Изменение кислотно-основных свойств диоксидов и гидрооксидов в подгруппе титана. Склонность соединений титана, циркония, гафния к гидрохлорации.

Безводные соединения титана (IV), циркония (IV), гафния (IV). Тетрагалогениды элементов подгруппы титана, получение, строение, свойства, применение. Другие бинарные соединения элементов подгруппы титана (карбиды, нитриды, сульфиды), получение, свойства, применение.

Соединения титана (IV), циркония (IV), гафния (IV) в водных растворах. Состояние титана (IV), циркония (IV), гафния (IV) в водных растворах, влияние pH среды на равновесие гидролиза. Строение титанил-ионов и соответствующих производных циркония и гафния. Титанаты, цирконаты, гафнаты, полученные сухим способом и в водных растворах.

Комплексные соединения титана (IV), циркония (IV), гафния (IV). Использование фтороцирконатов и фторогафнатов для разделения смесей циркония и гафния. Применение методов экстракции, сублимации и ионообменной хроматографии для получения препаратов чистых циркония и гафния.

Соединения элементов подгруппы титана в низших степенях окисления. Изменение устойчивости соединений с низшими степенями окисления в подгруппе титана. Соединения титана (III). Оксид, гидроксид и соли титана (III), получение, свойства и применение. Состояние ионов титана (III) в водных растворах.

Соединения титана (II). Оксид и хлорид титана (II), получение, свойства. Оксид титана (II) как соединение переменного состава.

Элементы подгруппы ванадия. Общая характеристика элементов подгруппы ванадия. Строение атомов ванадия, ниобия и тантала, распространенность, изотопный состав, нахождение в природе. Минералы ванадия, ниобия и тантала. Ванадий как рассеянный химический элемент.

Простые вещества ванадий, ниобий, тантал, их получение, физические и химические свойства, применение. Ванадиевые стали.

Бинарные соединения ванадия (V), ниобия (V), тантала (V). Оксиды ванадия (V), ниобия (V), тантала (V), получение, свойства, применение. Безводные галогениды и оксогалогениды ванадия (V), ниобия (V), тантала (V), получение, строение, свойства, применение.

Соединения ванадия (V), ниобия (V) и тантала (V) в водных растворах. Влияние pH среды на состояние ионов элементов подгруппы ванадия в водных растворах. Изополисоединения ванадия (V). Гидратированные оксиды ванадия (V), ниобия (V) и тантала (V), ванадаты, ниобаты, танталаты, их получение, свойства и применение. Пероксидные соединения ванадия (V), получение, строение, свойства, применение.

Комплексные соединения ванадия (V), ниобия (V) и тантала (V). Использование фторониобатов и фторотанталатов для разделения смесей ниобия и тантала методом дробной кристаллизации. Экстракционное и хроматографическое разделение смесей ниобия и тантала.

Соединения элементов подгруппы ванадия в низших степенях окисления. Изменение устойчивости этих соединений в подгруппе. Оксиды, гидроксиды и соли ванадия (IV), (III), (II), их получение, свойства, применение. Состояние ионов ванадия (IV), (III), (II) в водных растворах. Гидролиз соединений ванадия (IV) и их амфотерный характер. Практическое использование соединений ванадия (IV), (III), (II).

Элементы подгруппы хрома. Общая характеристика элементов подгруппы хрома. Строение атомов хрома, молибдена и вольфрама. Валентные состояния элементов подгруппы хрома. Распространенность, изотопный состав, нахождение в природе элементов подгруппы хрома. Важнейшие минералы хрома, молибдена и вольфрама.

Простые вещества хром, молибден и вольфрам. Получение. Переработка хромистого железняка на бихромат и феррохром. Особенности, получения металлических молибдена и вольфрама как тугоплавких металлов. Физические и химические свойства, применение. Хромистые стали.

Кислородные соединения хрома (VI), молибдена (VI) и вольфрама (VI). Триоксид хрома, получение, строение, свойства, применение. Хромовая кислота, хроматы, бихроматы, их получение, строение, свойства, применение. Кисотно-основное равновесие в водных растворах хроматов и бихроматов. Пероксидные соединения хрома (VI), получение, строение, свойства, применение.

Оксиды молибдена (VI) и вольфрама (VI), получение, свойства, применение. Молибденовая и вольфрамовая кислоты, получение, строение, свойства. Состояние молибдена (VI) и вольфрама (VI) в водном растворе. Полимеризация анионов молибденовой и вольфрамовой кислот в подкисленных растворах их солей. Изополисоединения и гетерополисоединения молибдена (VI) и вольфрама (VI), их получение, строение, свойства, применение.

Галогениды и оксогалогениды хрома (IV), молибдена (VI) и вольфрама (VI), получение, строение, свойства. Серусодержащие соединения молибдена (VI) и вольфрама (VI). Сульфиды, окисульфиды, тиомолибдаты и тиовольфраматы, получение, свойства.

Соединения хрома, молибдена и вольфрама в низших степенях окисления. Соединения молибдена (V) и вольфрама (V). Вольфрамовые бронзы, молибденовые и вольфрамовые сини, их состав и способы получения. Пентахлорид молибдена, получение, строение, свойства. Соединения молибдена (IV) и вольфрама (IV) с кислородом, серой и галогенами, получение, свойства, применение.

Соединения хрома (IV), молибдена (IV) и вольфрама (IV). Оксиды, галогениды и сульфиды хрома (IV), молибдена (IV) и вольфрама (IV), получение, свойства, применение.

Соединения хрома (III). Оксид, гидроксид, соли хрома (III), хромиты и гидроксохромиты, получение, свойства, применение. Гидратная изомерия хлоридов хрома (III). Комплексные соединения и двойные соли хрома (III). Кисотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений хрома (III). Гидролиз соединений хрома (III). Галогениды молибдена (III) и вольфрама (III), получение, строение, свойства.

Соединения хрома (II). Оксид, гидроксид и соли хрома (II), получение, свойства, применение. Кисотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений хрома (II). Галогениды молибдена (II) и вольфрама (II), получение, строение, свойства.

Закономерности изменения кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений хрома, молибдена и вольфрама в различных состояниях окисления.

Элементы подгруппы марганца. Общая характеристика элементов подгруппы марганца. Строение атомов марганца, технеция, рения. Распространенность элементов подгруппы марганца в природе, их изотопный состав. Технеций – искусственный радиоактивный элемент. Природные источники марганца и рения. Важнейшие минералы марганца.

Простые вещества марганец, технеций и рений. Получение металлических марганца, технеция, рения, их свойства и применение.

Соединения марганца, технеция и рения (VII). Марганцовый ангидрид, марганцовая кислота и перманганаты, получение, строение, свойства, применение. Восстановление соединений марганца и (VII) в кислых, нейтральных и щелочных водных растворах. Технециевая и рениевая кислоты, технециевый и рениевый ангидриды, пертехнетаты и перренаты, их получение и свойства. Сравнение устойчивости, кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений марганца, технеция и рения (VII).

Соединения марганца (VI). Марганцовистая кислота и манганаты, получение, свойства и применение.

Соединения марганца (IV). Диоксид марганца и его гидрат, получение, свойства, применение. Оксоманганаты (IV) (манганиты), получение, свойства. Окислительно-восстановительные реакции с участием соединений марганца (IV).

Соединения марганца (III). Оксид марганца (III), его гидрат и соли марганца (III), их получение и свойства. Комплексные соединения марганца (III).

Соединения марганца (II). Оксид, гидроксид и соли марганца (II), их получение, свойства. Комплексные соединения марганца (II).

Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений марганца в различных степенях окисления.

Триада железа. Положение железа, кобальта, никеля в периодической системе. Строение атомов, изотопный состав, распространенность. Минералы железа (магнетит, гематит, сидерит, пирит), кобальта (кобальтин) и никеля (пентландит). Валентные состояния железа, кобальта, никеля.

Простые вещества железо, кобальт, никель. Получение. Доменный процесс получения чугуна. Передел чугуна на сталь и ковкое железо. Переработка сернистых руд на кобальт и никель. Физические и химические свойства железа, кобальта, никеля. Специальные и нержавеющие стали. Сплавы кобальта и никеля. Применение металлических железа, кобальта и никеля. Карбонилы железа, кобальта, никеля, получение, свойства, применение.

Соединения железа (VI). Ферраты, их получение и свойства.

Соединения железа (III). Оксид железа (III), его гидрат, их получение, свойства и применение. Смешанные оксиды железа. Соли железа (III) и ферриты, их получение, свойства и применение. Гидролиз соединений железа (III). Двойные соли железа (III).

Соединения железа (II). Оксид, гидроксид и соли железа (II), получение и свойства. Нестехиометричность низшего оксида железа. Двойные соли железа (II), соль Мора. Циклопентадиенид железа (II) (ферроцен), получение, строение, свойства. Применение соединений железа (II).

Соединения кобальта (III). Оксид, гидроксид и соли кобальта (III), их получение, свойства, применение. Фторид кобальта (III).

Соединения кобальта (II). Оксид и гидроксид кобальта (II), средние и основные соли кобальта (II), их получение, свойства, применение.

Комплексные соединения железа и кобальта (II) и (III). Цианидные комплексы железа, получение, свойства, применение. Окислительно-восстановительные превращения железа и кобальта (II) и (III). Влияние комплексообразования на окислительно-восстановительные процессы в растворах этих соединений. Стабилизация соединений кобальта (III) комплексообразованием. Роль железа и кобальта в биологических процессах. Гемоглобин. Цианкобаламин.

Соединения никеля (III). Гидроксид никеля (III), получение, свойства, применение.

Соединения никеля (II). Оксид, гидроксид и соли никеля (II), получение, свойства, применение. Комплексные соединения никеля (II), их строение.

Платиновые металлы. Строение атомов элементов платиновой группы. Распространенность, изотопный состав, нахождение в природе. Роль русских ученых в изучении химии платиновых металлов (К. Клаус, Л. А. Чугаев, И. И. Черняев). Закономерности в изменении устойчивости характерных степеней окисления в соединениях платиновых металлов.

Платиновые металлы. Извлечение элементов группы платиновых металлов из руд и разделение их смесей. Физические и химические свойства простых веществ, их применение.

Соединения рутения и осмия. Тетраоксиды рутения и осмия, получение, строение, свойства, применение. Соединения рутения и осмия (VI). Рутенаты и осматы (VI), получение, свойства.

Соединения родия и иридия (III) и (IV). Оксид, гидроксид, галогениды и комплексные соединения родия и иридия (III) и (IV), получение, свойства.

Соединения палладия и платины (II) и (IV). Оксид, гидроксид, соли и комплексные соединения палладия и платины (II), получение, строение, свойства. Оксид, гидроксид и хлоридные комплексы палладия и платины (IV), получение, строение, свойства. Фториды платины, получение, свойства.

Применение соединений платиновых металлов в народном хозяйстве, науке, химической технологии и медицине. Значение комплексных соединений в химии платиновых металлов.

Элементы подгруппы меди. Общая характеристика элементов подгруппы меди. Строение атомов меди, серебра, золота и их характерные валентные состояния. Изотопный состав. Распространенность. Важнейшие природные источники и минералы меди, серебра, золота.

Простые вещества медь, серебро, золото. Переработка сернистых, оксидных и карбонатных медных руд. Переработка природных соединений серебра. Извлечение серебра из отходов переработки полиметаллических руд. Переработка золотоносных руд амальгамированием и цианированием. Электролитическое получение и рафинирование меди, серебра и золота. Переработка вторичных источников серебра и золота. Физические и химические свойства меди, серебра, золота. Сплавы меди, серебра и золота, понятие о пробе. Применение меди, серебра, золота и их сплавов.

Соединения меди (II). Оксид, гидроксид и соли меди (II), получение, свойства, применение. Гидролиз солей меди (II), основные соли меди (II). Катионные и анионные комплексные соединения меди (II), купраты (II), их получение, свойства и применение.

Соединения меди (I). Оксид, гидроксид и соли меди (I), получение, свойства, применение. Комплексные соединения меди (I), их получение, строение, свойства.

Соединения меди (III). Оксид, купраты (III), периодатные и теллуратные комплексы меди (III), их получение и свойства.

Соединения серебра (I). Оксид, гидроксид, растворимые и нерастворимые соли, получение, свойства, применение. Галогенидные, аммиачные и тиосульфатные комплексные соединения серебра (I), получение, строение, свойства, применение. Химические основы черно-белой фотографии. Хлорсеребряный электрод.

Соединения серебра (II), получение, свойства. Условия стабилизации серебра в степени окисления (II).

Соединения золота (III). Оксид, гидроксид, соли, комплексные соединения золота (III) и ауранты (III), их получение, свойства, применение.

Соединения золота (I). Оксид, соли и комплексные соединения золота (I), их получение, строение, свойства, применение.

Элементы подгруппы цинка. Общая характеристика элементов подгруппы цинка. Строение атомов цинка, кадмия, ртути. Распространенность, изотопный состав. Минералы цинка (цинковая обманка, сульфидные полиметаллические руды), кадмия (гринокит, сульфидные полиметаллические руды), ртути (киноварь).

Простые вещества цинк, кадмий, ртуть. Получение, физические и химические свойства и применение металлических цинка, кадмия, ртути. Сплавы цинка, кадмия, ртути. Амальгамы. Способы дезактивации разлитой металлической ртути.

Соединения цинка, кадмия, ртути (II). Оксиды, гидроксиды, соли, комплексные соединения цинка, кадмия и ртути (II), их получение, строение, свойства, применение. Гидролиз солей цинка, кадмия, ртути (II). Амфотерность соединений цинка (II). Амидные

соединения ртути (II). Реактив Нesslera. Закономерности изменения кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений элементов (II) в подгруппе. Полупроводниковые соединения типа $A^{IV}B^{VI}$.

Соединения диртути (II). Оксид, галогениды и соли диртути (II), получение, строение, свойства, применение. Каломель.

Элементы подгруппы галлия. Общая характеристика элементов подгруппы галлия. Положение элементов подгруппы галлия в периодической системе (главная подгруппа III группы). Распространенность, изотопный состав галлия, индия и таллия. Галлий, индий, таллий — рассеянные элементы. Строение атомов и валентные возможности элементов подгруппы галлия. Изменение устойчивости соединений галлия, индия и таллия в состояниях окисления (I) и (III) и значений окислительно-восстановительных потенциалов в подгруппе галлия.

Простые вещества галлий, индий, таллий. Извлечение галлия, индия, таллия из отходов производства алюминия и цветных металлов. Физические и химические свойства металлических галлия, индия, таллия, их получение и применение.

Соединения галлия, индия, таллия (III). Оксиды, гидроксиды, соли и комплексные соединения галлия, индия, таллия (III), их получение, свойства, применение. Закономерности изменения кислотно-основных свойств и амфотерного характера оксидов и гидроксидов элементов подгруппы галлия. Полупроводниковые соединения типа $A^{III}B^V$.

Соединения таллия (I). Оксиды, гидроксиды, соли и комплексные соединения таллия (I), их получение и свойства. Смешанные соединения таллия (I) и таллия (III).

Элементы подгруппы германия. Общая характеристика элементов подгруппы германия. Положение элементов подгруппы германия в периодической системе (главная подгруппа IV группы). Строение атомов германия, олова, свинца. Распространенность германия, олова, свинца, изотопный состав. Германий - рассеянный элемент. Минералы олова (касситерит), свинца (свинцовый блеск). Изменение устойчивости соединений германия, олова и свинца в состояниях окисления (II) и (IV).

Простые вещества германий, олово, свинец. Получение германия, его физические и химические свойства, применение. Германий как важнейший полупроводниковый материал. Получение олова из касситерита, рафинирование олова; физические и химические свойства олова. Применение олова и его сплавов. Получение металлического свинца, его рафинирование. Физические и химические свойства, применение металлического свинца и его сплавов.

Соединения германия (IV). Диоксид германия, германаты, тетрагалогениды германия, герман, их получение, строение, свойства, применение.

Соединения олова (IV). Диоксид олова, оловянные кислоты, станнаты, тетрахлорид, дисульфид олова, тиостаннаты, галогенидные и гидроксидные комплексы олова (IV), их получение, строение, свойства, применение.

Соединения олова (II). Оксид, гидроксид, станниты, галогениды и сульфид олова (II), галогенидные и гидроксидные комплексы олова (II), их получение, строение, свойства, применение.

Соединения свинца (IV). Диоксид свинца, плюмбаты, тетрахлорид свинца, гексахлороплюмбаты (IV), их получение, свойства, применение.

Соединения свинца (II). Оксид, гидроксид, плюмбиты, соли и комплексные соединения свинца (II), их получение, строение, свойства, применение. Растворимые и нерастворимые соли свинца (II). Галогениды и сульфид свинца (II). Применение соединений свинца. Смешанные кислородные соединения свинца (II) и (IV), свинцовый сурик.

Закономерности изменения кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений германия, олова и свинца в состояниях окисления (II) и (IV) в подгруппе.

Элементы подгруппы мышьяка. Общая характеристика элементов подгруппы мышьяка. Положение мышьяка, сурьмы и висмута в периодической системе. Строение атомов элементов подгруппы мышьяка и их характерные валентные состояния. Распространенность, изотопный состав. Минералы мышьяка (реальгар, аурипигмент), сурьмы (сурьмяный блеск), висмута (висмутовый блеск). Изменение устойчивости соединений мышьяка, сурьмы и висмута в состояниях окисления (III) и (V).

Простые вещества мышьяк, сурьма и висмут. Получение мышьяка, сурьмы, висмута из природного сырья. Аллотропные модификации мышьяка. Физические и химические свойства мышьяка, сурьмы и висмута. Применение мышьяка, сурьмы и висмута. Сплавы сурьмы и висмута.

Соединения мышьяка (V). Мышьяковый ангидрид, мышьяковая кислота, арсенаты, сульфид и тиосоли мышьяка (V), их получение, строение, свойства, применение.

Соединения мышьяка (III). Мышьяковистый ангидрид, мышьяковистая кислота, арсениты, хлорид и сульфид мышьяка (III), их получение, строение, свойства, применение.

Соединения сурьмы (V). Оксид сурьмы (V), сурьмяная кислота, антимонаты, гидроксоантимонаты, бинарные и комплексные галогениды сурьмы (V), сульфид сурьмы (V) и тиаантимонаты, их получение, строение, свойства, применение.

Соединения сурьмы (III). Оксид сурьмы (III), сурьмянистая кислота, антимониты, галогениды и оксогалогениды сурьмы (III), сульфид сурьмы (III), их получение, строение, свойства, применение. Состояние сурьмы (III) в водных растворах. Гидролиз соединений сурьмы (III) и их амфотерный характер.

Соединения висмута (V). Оксид висмута (V) и висмутаты, их получение и свойства.

Соединения висмута (III). Оксид, гидроксид, соли и оксосоли, сульфид висмута (III), получение, свойства, применение. Состояние висмута (III) в водных растворах.

Смешанные кислородные соединения сурьмы и висмута (III) и (V).

Соединения мышьяка, сурьмы и висмута с водородом и металлами. Арсин, стибин и висмутин, получение, строение, свойства, применение. Изменение устойчивости гидридов мышьяка, сурьмы и висмута в подгруппе. Арсениды, антимониды, висмутиды. Получение, свойства и применение.

Закономерности изменения кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений мышьяка, сурьмы и висмута в состояниях окисления (III) и (V) в подгруппе.

Раздел 4. Заключение

Периодический закон и периодическая система химических элементов. Периодический закон – основа систематизации фактического материала неорганической химии. История открытия периодического закона. Формулировка периодического закона. Причины периодического изменения свойств атомов, их связь со строением электронных оболочек атомов. Электронная аналогия как источник химической аналогии. Полные и неполные электронные аналоги. Закономерности изменения радиуса атомов.

Периодическая система, ее короткая и длинная формы. Структура периодической системы. Малые и большие периоды. Главные и побочные подгруппы. Типические элементы. Переходные элементы. Лантаниды и актиниды. Перспективы развития периодической системы.

Общая характеристика неметаллов. Положение неметаллов в периодической системе. Закономерности электронного строения атомов неметаллов. Типы химической связи в соединениях неметаллов с металлами и неметаллами. Зависимость физических и химических свойств неметаллов от строения их атомов и молекул.

Нахождение элементов-неметаллов в природе. Общие способы получения неметаллов. Применение важнейших классов соединений неметаллов.

Общая характеристика металлов. Расположение металлов в периодической системе. Строение атомов металлов. Характер химической связи в металлах. Физические свойства металлов и их зависимость от строения электронных оболочек и размеров атомов металлов. Классификация металлов по их физическим свойствам. Легкие и тяжелые металлы. Тугоплавкие металлы.

Закономерности изменения химических свойств металлов в зависимости от строения их атомов. Классификация металлов по их химическим свойствам. Щелочные, щелочноземельные и редкоземельные металлы. Сплавы металлов. Простейшие диаграммы состояния. Интерметаллические соединения. Металлохимия. Коррозия металлов и методы защиты от нее.

Нахождение металлов в природе. Распространенные, редкие и рассеянные металлы. Благородные металлы. Получение металлов из природного сырья. Минералы и руды. Принципы переработки руд. Пирометаллургия, гидрометаллургия и электрометаллургия. Химические основы получения высокочистых металлов.

Применение металлов и сплавов. Металлы как основа техники, промышленности и сельского хозяйства.

Основные понятия геохимии. Строение земного шара. Химический состав отдельных геосфер. Земная кора, литосфера, гидросфера, атмосфера. Распространенность химических элементов в земной коре, в земном шаре, во Вселенной. Геохимия как наука.

Закономерности распределения элементов в земной коре. Связь распространенности элементов со строением атомных ядер и электронных оболочек. Основной закон геохимии В.Гольдшмидта. Правила Менделеева, Оддо и Гаркинса. Стабильные и радиоактивные элементы.

Основные понятия радиохимии. Явление радиоактивности. Представление о методах изучения явлений радиоактивности. Виды радиоактивности. Основной закон радиоактивных превращений. Период полураспада. Константа радиоактивного распада. Правило сдвига. Радиоактивное равновесие. Важнейшие представители семейства урана-радия. Семейства тория и актиния.

Открытие явления искусственной радиоактивности. Представление о способах получения и выделения искусственных радиоактивных изотопов. «Деление» тяжелых атомных ядер. Типы ядерных реакций. Синтезированные элементы (технеций, прометий, франций, астат). Получение нептуния и плутония. Синтез трансплутониевых элементов.

Методы исследования неорганических веществ. Методы исследования состава неорганических веществ. Определение состава неорганических веществ химическими и физико-химическими методами. Физические методы установления состава неорганических веществ и материалов. Атомно-эмиссионная и атомно-абсорбционная спектроскопия. Рентгено-флуоресцентный анализ. Исследование состава летучих веществ методами газовой хроматографии и масс-спектрометрии.

Методы исследования кристаллической и молекулярной структуры. Дифракционные методы. Установление природы кристаллических фаз методом рентгенофазового анализа. Исследование структуры кристаллов методом дифракции рентгеновских лучей и нейтронов. Исследование кристаллов и газообразных молекул методом дифракции электронов. Спектроскопические методы. Вращательная, колебательная и электронная спектроскопия в различных областях электромагнитного спектра. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Методы, использующие электрические и магнитные свойства вещества. Исследование дипольных моментов. Исследование магнитной восприимчивости. Ядерный магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс.

3.2. Лабораторный практикум

№п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1	Техника проведения лабораторных работ
2	1	Методы очистки веществ
3	1	Определение молярных масс веществ и химических эквивалентов
4	1	Определение энтальпий химических реакций и теплоемкости веществ
5	1	Скорость химических реакций и химическое равновесие
6	1	Растворы
7	1	Поглощение света растворами
8	1	Электролитическая диссоциация
9	1	Окислительно-восстановительные реакции
10	1	Сплавы металлов
11	1	Комплексные соединения
12	2	Галогены
13	2	Сера. Селен. Теллур
14	2	Азот. Фосфор
15	2	Углерод. Кремний
16	2	Бор. Алюминий
17	3	Щелочные металлы
18	3	Бериллий. Магний. Щелочноземельные металлы
19	3	Титан. Цирконий. Гафний
20	3	Ванадий. Ниобий. Тантал
21	3	Хром. Молибден. Вольфрам
22	3	Марганец
23	3	Железо. Кобальт. Никель
24	3	Медь. Серебро

25	3	Цинк. Кадмий
26	3	Олово. Свинец
27	3	Сурьма. Висмут

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, лабораторного типа, контрольных работ, коллоквиумов.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет, экзамен) с учетом текущей успеваемости (балльно-рейтинговая система).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к устному опросу, контрольным работам и тестам, а также оформление научных рисунков в альбоме как отчета по соответствующим темам лабораторных работ.

Отчеты по лабораторным работам представляют собой документ о текущей работе студента в течение семестра. Наличие отчетов, зачтенных преподавателем, ведущего лабораторные занятия, является необходимым условием сдачи студентом зачета по дисциплине и допуска к сдаче экзамена по дисциплине. Это способствует развитию компетенций студента, его способности целостно воспринимать результаты работы, продумывать содержание эксперимента, обрабатывать результаты и формулировать выводы.

К формам текущего контроля успеваемости по дисциплине относятся:

1. Устный опрос студента перед выполнением им лабораторной работы (допуск).
2. Проверка отчетов о выполнении лабораторных работ.
3. Выполнение контрольных работ.
4. Коллоквиумы по материалу дисциплины.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **экзамена**.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно

достижения компетенций)	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не

зачтено		ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена. Источниками оценки студента на экзамене является содержание его ответа на экзамене и результаты текущей работы студента в течение учебного семестра. Контроль формирования компетенций студента предполагает проверку

- уровня знания студентами программного материала по дисциплине;
- уровня понимания студентами программного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Текущая успеваемость студента формируется на рейтинговой основе и состоит из качества выполнения им лабораторного практикума (по 7 работ в течение семестра, из расчета 7 баллов за допуск и отчет по каждой работе), из успешности написания студентом контрольных работ (по 2 контрольные работы в течение семестра, по 10 баллов за каждую работу), из успешности сдачи коллоквиумов (по 2 коллоквиума в течение семестра, 15 и 16 баллов за первый и второй соответственно). В текущую успеваемость студента добавляется его результат в баллах, достигнутый на студенческих олимпиадах, проводимых на химическом факультете ННГУ, из расчета 1 балла рейтинга на 10 баллов на олимпиаде при общей оценке олимпиадного задания 100 баллов.

Текущая успеваемость является средством поощрения студента на экзамене. Рейтинговая оценка текущей успеваемости вносит безусловный вклад в оценку в баллах за ответ на экзамене, и этот вклад равен половине баллов рейтинговой оценки за текущую успеваемость за вычетом 50. Студент, текущий рейтинг которого не превышает 50 баллов, бонусных баллов к баллам за ответ на экзамене не получает.

Экзамены проводятся по экзаменационным билетам, составленным по программе курса. Ответы студента (формулировки, пояснения, уравнения реакций, рисунки и схемы, решение

задач) обязательно фиксируются в листе устного ответа. Для подготовки ответа студенту предоставляется 60 минут. Ответ студента на экзамене оценивается, исходя из максимальной оценки по билету 100 баллов.

В 1 семестре экзаменационный билет содержит 4 испытания, а именно:

1. Вопрос на знание методов получения, строения, свойств и областей применения конкретного вещества, заявленного в программе курса. Ответ оценивается из 24 баллов.

2. Испытание на применение знаний в конкретной обстановке – задание на составление уравнений реакций между заданными веществами в конкретных условиях. Задание состоит из 6 уравнений реакций, максимальная оценка задания 36 баллов.

3. Расчетная задача, максимальная оценка – 30 баллов.

4. Вопрос на знание и понимание теоретических основ неорганической химии. Ответ оценивается из 10 баллов.

Во 2 семестре экзаменационный билет содержит 3 испытания, а именно:

1. Вопрос на знание методов получения, строения, свойств и областей применения конкретного вещества, заявленного в программе курса. Ответ оценивается из 32 баллов.

2. Испытание на применение знаний в конкретной обстановке – задание на составление уравнений реакций между заданными веществами в конкретных условиях. Задание состоит из 6 уравнений реакций, максимальная оценка задания 36 баллов.

3. Расчетная задача, максимальная оценка – 32 балла.

Оценки за ответ по билету суммируются с бонусом по результатам текущей работы студента в семестре, и студенту выставляется оценка в соответствии с набранными баллами.

Оценка	Уровень подготовки (суммарный балл)
Превосходно	100 баллов и выше
Отлично, очень хорошо	От 90 до 99 баллов
Хорошо	От 70 до 89 баллов
Удовлетворительно	От 50 до 69 баллов
Неудовлетворительно, плохо	49 баллов или менее

Минимальные требования к указанным оценкам снижаются на 3 балла при первой попытке сдачи экзамена (в период экзаменационной сессии). При первой переэкзаменовке применяется базовое значение из таблицы, при последующих переэкзаменовках, в том числе с комиссией, требования к оценкам увеличиваются на 3 балла с каждой новой попыткой.

По просьбе студента на экзамене ему предоставляется возможность заменить билет, при этом минимальные требования к оценкам увеличиваются на 3 балла.

Студент, не удовлетворенный полученной оценкой и желающий ее повысить, может получить дополнительный вопрос сверх билета. При успешном ответе на дополнительный вопрос оценка повышается, при неуспешном ответе – остается без изменения. Содержание дополнительного вопроса соответствует той части экзаменационного билета, с которой студент справился менее успешно. Уровень трудности вопроса должен соответствовать той оценке, на которую претендует студент.

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

Примерный перечень вопросов для оценки сформированности компетенций ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6.

Для иллюстрации степени охвата программного материала, представительности, степени трудности вопросов по химии элементов в качестве примера приводится перечень вопросов по теме «Бор».

Перечень вопросов для индивидуального устного ответа (устный опрос, беседа, допуск к лабораторной работе, коллоквиум) по теме «Бор».

5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемых компетенций
<p>1. Охарактеризуйте строение и валентные возможности атома бора. Каким образом проявляется электронный дефицит атома бора в ковалентных соединениях?</p> <p>2. Напишите уравнения реакций, на которых основано получение простого вещества бора из ископаемой буры.</p> <p>3. Охарактеризуйте отношение бора к простым веществам, щелочам, кислотам, смесям кислот. Приведите уравнения химических реакций.</p> <p>4. Что представляют собой бориды? Укажите способы получения и области применения боридов.</p> <p>5. Напишите общие формулы гомологических рядов боранов и формулы важнейших индивидуальных соединений из этих рядов.</p> <p>6. Объясните, почему простейшим бораном является диборан, а не молекула состава BH_3? Охарактеризуйте строение и химические свойства диборана; укажите способы получения диборана.</p> <p>7. Назовите способы получения высших галогенидов бора.</p> <p>8. Приведите сравнительную характеристику BF_3 и BCl_3.</p> <p>9. Перечислите способы получения и области применения борного ангидрида; охарактеризуйте его строение и химические свойства.</p> <p>10. Какие компоненты содержит боросиликатное стекло? В чём состоит отличие стеклообразного состояния вещества от кристаллического?</p> <p>11. Перечислите кислородсодержащие кислоты бора, укажите способы их получения и превращения друг в друга. Охарактеризуйте строение и кислотные свойства этих веществ.</p> <p>12. Какие изменения испытывает ортоборная кислота H_3BO_3 при действии щелочи? Сохраняется ли OH-группа в ортоборной кислоте в присутствии щелочи? Ответ поясните.</p> <p>13. Объясните причину повышения кислотности водного раствора H_3BO_3 при добавлении к нему этиленгликоля или глицерина.</p> <p>14. На примере H_3BO_3 покажите, что образование сложных эфиров возможно не только для органических кислот.</p> <p>15. Как используют эфиры ортоборной кислоты для обнаружения бора?</p> <p>16. Напишите структурную формулу буры $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Охарактеризуйте координационное окружение атомов бора в этом соединении.</p> <p>17. На чём основано применение буры в качестве флюса при термической обработке металлов (пайка, сварка)?</p> <p>18. Какие бинарные соединения бора с азотом обладают строением,</p>	ОПК-1

<p>аналогичным алмазу и графиту? Укажите их технические названия. В каких отраслях техники используют эти формы нитридов бора?</p> <p>19. Почему соединение $B_3N_3H_6$ называют неорганическим бензолом? Как получить это соединение?</p>	
<p>1. Как выполняется получение бора из оксида бора магниитермическим методом?</p> <p>2. Объясните пригодность соляной кислоты для отделения магния и его оксида от бора, полученного магниитермическим методом.</p> <p>3. Почему опыт по получению бора магниитермическим методом следует проводить в вытяжном шкафу?</p> <p>4. Как рассчитать выход бора, полученного магниитермическим методом?</p>	ОПК-2
<p>1. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.</p> <ol style="list-style-type: none"> $B + O_2 \rightarrow (700\text{ }^{\circ}C)$ $B + N_2 \rightarrow (900\text{ }^{\circ}C)$ $B + Mg \rightarrow (900\text{ }^{\circ}C)$ $B + H_2O \rightarrow (750\text{ }^{\circ}C)$ $B + HNO_3 \rightarrow (\text{конц. } HNO_3, 100\text{ }^{\circ}C)$ $B + NH_3 \rightarrow (1000\text{ }^{\circ}C)$ <p>2. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.</p> <ol style="list-style-type: none"> $B_2H_6 + O_2 \rightarrow (500\text{ }^{\circ}C)$ $B_2H_6 + Cl_2 \rightarrow$ $B_2H_6 + H_2O \rightarrow (80\text{ }^{\circ}C)$ $B_2H_6 + NaOH \rightarrow (\text{конц. } NaOH)$ $B_2H_6 + NH_3 \rightarrow (180\text{ }^{\circ}C)$ $B_2H_6 + LiH \rightarrow (\text{в диэтиловом эфире})$ <p>7</p> <p>3. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.</p> <ol style="list-style-type: none"> $B_2O_3 + Mg \rightarrow (800\text{ }^{\circ}C, \text{ изб. магния})$ $B_2O_3 + NaOH (\text{тв.}) \rightarrow (500\text{ }^{\circ}C)$ $B_2O_3 + HF \rightarrow (\text{изб. конц. } HF)$ $B_2O_3 + CaF_2 + H_2SO_4 \rightarrow (80\text{ }^{\circ}C)$ $B_2O_3 + C + Cl_2 \rightarrow (900\text{ }^{\circ}C)$ $B_2O_3 + Co(NO_3)_2 \rightarrow (800\text{ }^{\circ}C)$ <p>4. Закончите уравнения химических реакций, расставьте коэффициенты.</p> <ol style="list-style-type: none"> $BF_3 + H_2O \rightarrow (80\text{ }^{\circ}C)$ $BF_3 + NaOH \rightarrow (0\text{ }^{\circ}C, \text{ разб. } NaOH)$ $BCl_3 + NaOH \rightarrow (\text{конц. } NaOH)$ $BCl_3 + LiAlH_4 \rightarrow (\text{в диэтиловом эфире, изб. } BCl_3)$ $BBr_3 + H_2 \rightarrow (900\text{ }^{\circ}C)$ $BI_3 + HNO_3 \rightarrow (80\text{ }^{\circ}C, \text{ изб. конц. } HNO_3)$ <p>5. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.</p> <ol style="list-style-type: none"> $H_3BO_3 \rightarrow (200\text{ }^{\circ}C)$ $H_3BO_3 + Li \rightarrow (\text{водн. раствор})$ $H_3BO_3 + NaOH \rightarrow (\text{конц. } NaOH)$ 	ОПК-3

- 4) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow (400\text{ }^\circ\text{C})$
- 5) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{HF} \rightarrow (\text{изб. конц. HF})$
- 6) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{конц. H}_2\text{SO}_4)$

6. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.

- 1) $\text{Na}[\text{BH}_4] \rightarrow (500\text{ }^\circ\text{C})$
- 2) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{O}_2 \rightarrow (500\text{ }^\circ\text{C})$
- 3) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (80\text{ }^\circ\text{C})$
- 4) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{BF}_3 \rightarrow (\text{в диэтиловом эфире, изб. BF}_3)$
- 5) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{разб. водн. раствор H}_2\text{SO}_4)$
- 6) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SeO}_3 \rightarrow (\text{разб. H}_2\text{SO}_4)$

7. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.

- 1) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow (700\text{ }^\circ\text{C})$
- 2) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{CoO} \rightarrow (700\text{ }^\circ\text{C})$
- 3) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{NaOH} \rightarrow (\text{конц. NaOH})$
- 4) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{NaF} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{конц. H}_2\text{SO}_4)$
- 5) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow (\text{конц. H}_2\text{SO}_4)$
- 6) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow (\text{конц. H}_2\text{O}_2)$

Перечень экзаменационных вопросов на знание методов получения, строения, свойств и областей применения конкретного вещества по теме «Бор». (ОПК-1)

1. Простое вещество бор. Получение из природных источников, применение.
2. Простое вещество бор. Свойства, применение.
3. Диборан. Получение, строение, применение.
4. Диборан. Строение, свойства.
5. Тетрагидридоборат натрия. Строение, свойства, применение.
6. Трифторид бора. Получение, строение, применение.
7. Трифторид бора. Строение, свойства.
8. Тетрафторидоборат водорода. Получение, строение, свойства.
9. Трихлорид бора. Строение, свойства.
10. Трибромид бора. Получение, строение, применение.
11. Оксид бора. Получение, свойства, применение.
12. Тетраборат натрия. Получение, строение, применение.
13. Тетраборат натрия. Строение, свойства.
14. Борная ортокислота. Получение, свойства, применение.
15. Борная метакислота. Получение, строение, свойства.
16. Нитрид бора. Получение, строение, свойства, применение.

Перечень заданий на составление уравнений реакций между заданными веществами в конкретных условиях для индивидуального устного ответа (допуск к лабораторной работе), коллоквиума и экзамена по теме «Бор». (ОПК-3)

1. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.

- 1) $\text{B} + \text{O}_2 \rightarrow (700\text{ }^\circ\text{C})$
- 2) $\text{B} + \text{N}_2 \rightarrow (900\text{ }^\circ\text{C})$
- 3) $\text{B} + \text{Mg} \rightarrow (900\text{ }^\circ\text{C})$
- 4) $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (750\text{ }^\circ\text{C})$
- 5) $\text{B} + \text{HNO}_3 \rightarrow (\text{конц. HNO}_3, 100\text{ }^\circ\text{C})$
- 6) $\text{B} + \text{NH}_3 \rightarrow (1000\text{ }^\circ\text{C})$

2. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.

- 1) $\text{B}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow (500\text{ }^\circ\text{C})$
- 2) $\text{B}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow$
- 3) $\text{B}_2\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (80\text{ }^\circ\text{C})$
- 4) $\text{B}_2\text{H}_6 + \text{NaOH} \rightarrow (\text{конц. NaOH})$
- 5) $\text{B}_2\text{H}_6 + \text{NH}_3 \rightarrow (180\text{ }^\circ\text{C})$
- 6) $\text{B}_2\text{H}_6 + \text{LiH} \rightarrow (\text{в диэтиловом эфире})$

7

3. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.

- 1) $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{Mg} \rightarrow (800\text{ }^\circ\text{C}, \text{ изб. магния})$
- 2) $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{NaOH} (\text{тв.}) \rightarrow (500\text{ }^\circ\text{C})$
- 3) $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{HF} \rightarrow (\text{изб. конц. HF})$
- 4) $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (80\text{ }^\circ\text{C})$
- 5) $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{C} + \text{Cl}_2 \rightarrow (900\text{ }^\circ\text{C})$
- 6) $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{Co}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow (800\text{ }^\circ\text{C})$

4. Закончите уравнения химических реакций, расставьте коэффициенты.

- 1) $\text{BF}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (80\text{ }^\circ\text{C})$
- 2) $\text{BF}_3 + \text{NaOH} \rightarrow (0\text{ }^\circ\text{C}, \text{ разб. NaOH})$
- 3) $\text{BCl}_3 + \text{NaOH} \rightarrow (\text{конц. NaOH})$
- 4) $\text{BCl}_3 + \text{LiAlH}_4 \rightarrow (\text{в диэтиловом эфире, изб. BCl}_3)$
- 5) $\text{BBr}_3 + \text{H}_2 \rightarrow (900\text{ }^\circ\text{C})$
- 6) $\text{BI}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow (80\text{ }^\circ\text{C}, \text{ изб. конц. HNO}_3)$

5. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.

- 1) $\text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow (200\text{ }^\circ\text{C})$
- 2) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Li} \rightarrow (\text{водн. раствор})$
- 3) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow (\text{конц. NaOH})$
- 4) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow (400\text{ }^\circ\text{C})$
- 5) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{HF} \rightarrow (\text{изб. конц. HF})$
- 6) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{конц. H}_2\text{SO}_4)$

6. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.

- 1) $\text{Na}[\text{BH}_4] \rightarrow (500\text{ }^\circ\text{C})$
- 2) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{O}_2 \rightarrow (500\text{ }^\circ\text{C})$
- 3) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (80\text{ }^\circ\text{C})$
- 4) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{BF}_3 \rightarrow (\text{в диэтиловом эфире, изб. BF}_3)$
- 5) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{разб. водн. раствор H}_2\text{SO}_4)$
- 6) $\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SeO}_3 \rightarrow (\text{разб. H}_2\text{SO}_4)$

7. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты.

- 1) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow (700\text{ }^\circ\text{C})$
- 2) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{CoO} \rightarrow (700\text{ }^\circ\text{C})$
- 3) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{NaOH} \rightarrow (\text{конц. NaOH})$
- 4) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{NaF} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{конц. H}_2\text{SO}_4)$
- 5) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow (\text{конц. H}_2\text{SO}_4)$
- 6) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow (\text{конц. H}_2\text{O}_2)$

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-3

Для иллюстрации степени охвата программного материала, представительности, валидности, степени трудности расчетных задач по теоретическим основам неорганической химии в качестве примера приводятся расчетные задачи по теме «Температурная зависимость скорости реакции» для контрольных работ и экзамена.

1. Константа скорости реакции разложения йодоводорода на молекулярные водород и йод при температуре 350 °С равна $8 \cdot 10^{-5}$ л / моль · с. Температурный коэффициент Вант-Гоффа для этой реакции равен 2.2. Рассчитайте значение константы скорости реакции при температуре 400 °С.

2. Константа скорости реакции синтеза бромоводорода из молекулярных водорода и брома при температуре 300 °С равна $8.32 \cdot 10^{-2}$ л / моль · мин. Рассчитайте константу скорости реакции при температуре 320 °С, если температурный коэффициент равен 2.

3. При температуре 150 °С некоторая реакция протекает полностью за 16 минут. Рассчитайте, какое время потребуется для полного протекания этой реакции при температуре 100 °С и при температуре 180 °С. Температурный коэффициент реакции равен 2.4.

4. Константа скорости реакции $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 2\text{N}_2\text{O}_4 + \text{O}_2$ при температуре 25 °С равна $3.5 \cdot 10^{-5}$ л / моль · мин. Температурный коэффициент реакции равен 3.4. Рассчитайте, при какой температуре значение константы скорости реакции будет равным $4.9 \cdot 10^{-3}$ л / моль · мин.

5. При температуре 40 °С некоторое вещество разложилось на 90 % за 20 минут, при температуре 70 °С то же количество того же вещества разложилось за 1.6 минуты. Рассчитайте температурный коэффициент скорости реакции разложения.

6. При температуре 20 °С некоторая реакция протекает полностью за 15 минут, при температуре 30 °С она протекает за 6 минут. Рассчитайте время, в течение которого реакция пройдет полностью при температуре 35 °С.

7. При хранении таблеток аналгина установлено, что константа скорости разложения при 20 °С составляет $1.5 \cdot 10^{-9}$ с⁻¹. Срок хранения таблеток определяется как время разложения 10 % вещества. Рассчитайте срок хранения аналгина при температуре 20 °С.

8. При температуре 110 °С протекают две реакции. Скорость первой реакции в 2 раза больше скорости второй реакции. Температурные коэффициенты скоростей первой и второй реакций равны 2.2 и 3.4, соответственно. Рассчитайте температуру, при которой скорости реакций будут равны.

9. Константа скорости реакции $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{HBr}$ при температуре 300 °С равна $8.32 \cdot 10^{-2}$ л / моль · мин. Температурный коэффициент скорости равен 2. Рассчитайте скорость реакции при температуре 250 °С при концентрациях водорода и брома равных 0.1 моль / л и 0.03 моль / л, соответственно.

10. Скорость некоторой реакции уменьшается при снижении температуры от 13 °С до 0 °С в 2.97 раз. Рассчитайте значение энергии активации реакции в указанном температурном интервале.

11. Энергия активации реакции разложения пероксида водорода в температурном интервале 25 – 55 °С равна 75.4 кДж / моль. Рассчитайте значение температурного коэффициента скорости разложения пероксида водорода.

12. Рассчитайте, во сколько раз изменится скорость реакции, протекающей при температуре 25 °С, при уменьшении энергии активации на 4 кДж / моль.

13. Срок годности майонеза при хранении при температуре 8 °С составляет 30 суток, а при 16 °С составляет 7 суток. Рассчитайте значение энергии активации процессов, приводящих к утрате потребительских качеств майонеза. Вычислите значение температуры, при которой срок годности составит 20 суток с момента изготовления.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-3

Для иллюстрации степени охвата программного материала, представительности, валидности, степени трудности вопросов по теоретическим основам неорганической химии в качестве примера приводятся вопросы по теме «Электролитическая диссоциация» для индивидуального устного ответа на допуске, коллоквиума и экзамена

1. Сформулируйте определение электролитической диссоциации.
2. Какие вещества называются электролитами? К какому типу частиц относятся частицы, обеспечивающие электрическую проводимость электролитов?
3. Какие из перечисленных веществ в водном растворе подвергаются диссоциации: I_2 , $NaCl$, $AgCl$, S , $MgSO_4$, $NaNO_2$, $AlCl_3$, P , Br_2 , $Ba(NO_3)_2$, HI , HBr , NH_4HSO_4 , N_2 , $KMnO_4$. Напишите уравнения их электролитической диссоциации.
4. Какие из перечисленных веществ являются сильными электролитами: HNO_2 , CH_3COOH , $Ca(OH)_2$, C_6H_5COOH , H_2S , $AgCl$?
5. Приведите определения константы диссоциации и степени диссоциации.
6. Напишите уравнения реакций (в молекулярной и сокращенной ионной формах) между следующими веществами: CH_3COOH и $NaOH$, $Mg(OH)_2$ и H_2SO_4 , $Al(OH)_3$ и $NaOH$, $FeSO_4$ и H_2S .
7. Составьте два уравнения реакций в молекулярной форме, которые в сокращенной ионной форме записываются в виде $NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_4OH$.
8. Чему равна концентрация ионов калия в водном растворе сульфата калия с концентрацией 1 моль/л, если степень диссоциации соли равна 0.75.
9. Что называется ионным произведением воды? Чему равно это значение при температуре 22 °C?
10. Напишите уравнения ступенчатой электролитической диссоциации ортофосфорной кислоты и гидроксида магния. Для каждой ступени запишите математическое выражение для константы диссоциации.
11. Что такое автопротолиз растворителя? Напишите уравнение реакции автопротолиза воды, фтороводорода, жидкого аммиака.
12. Перечислите факторы, определяющие значение константы диссоциации.
13. Изменится ли величина константы диссоциации при разбавлении раствора электролита?
14. Приведите два способа увеличения степени диссоциации слабого электролита.
15. Перечислите основные теории кислот и оснований.
16. Как изменится значение степени диссоциации уксусной кислоты, если её раствор разбавить в 100 раз?
17. Сформулируйте закон разбавления Оствальда и покажите, что поведение раствора уксусной кислоты при ее разбавлении подчиняется этому закону.
18. Какая из перечисленных кислот наиболее сильная: HNO_2 ($K_a = 6.9 \cdot 10^{-4}$), HCN ($K_a = 5.0 \cdot 10^{-10}$), $HClO$ ($K_a = 2.95 \cdot 10^{-8}$), HF ($K_a = 6.2 \cdot 10^{-4}$)?
19. Приведите определение водородного показателя раствора.
20. Чему равен водородный показатель воды при температуре 22 °C?
21. Чему равна концентрация ионов водорода в растворе, pH которого равен 4?
22. Одинакова ли величина pH водных растворов соляной и синильной кислот равной молярной концентрации?
23. Во сколько раз концентрация ионов водорода в растворе со значением pH = 6 отличается от таковой в растворе с pH = 3?
24. Выведите формулы для расчета pH растворов слабой кислоты и слабого основания.
25. Что называют изотоническим коэффициентом и как он связан со степенью диссоциации?
26. Какие растворы называются буферными?
27. Напишите уравнение реакции гидролиза ацетата натрия в растворе.

28. Напишите уравнения реакции гидролиза карбоната натрия в растворе (по степеням).
29. Предложите два способа подавления гидролиза карбоната натрия в водном растворе.
30. Напишите уравнения реакции гидролиза нитрата цинка в растворе (по степеням).
31. Предложите два способа подавления гидролиза трихлорида железа в водном растворе.
32. Напишите уравнения реакций гидролиза ацетата аммония и сульфида алюминия в растворе.
33. Напишите математические выражения для произведения растворимости сульфата бария, фосфата кальция, фосфата магния-аммония.
34. Объясните, почему при действии раствора соляной кислоты сульфид железа растворяется, а сульфид меди – нет.
35. Как изменится растворимость карбоната бария, если к его раствору добавить карбонат натрия?

5.2.4. Темы курсовых работ, эссе, рефератов

Курсовые работы, эссе, рефераты не предусмотрены.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Третьяков Ю. Д., Мартыненко Л. И., Григорьев А. Н., Цивадзе А. Ю. Неорганическая химия. Химия элементов: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия": [в 2 т.]. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=270121&DB=1>
2. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов: В 2-х т. – М., 2011.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=425962&DB=1>
3. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия.- М., 2003.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=31360&DB=1>
4. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия.- М., 1994.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=29441&DB=1>
5. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия.- М., 2007.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=399311&DB=1>
6. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ. - М.: КолосС, 2003.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=60960&DB=1>
7. Общая и неорганическая химия: учебник для вузов: в 2 т./ Воробьев А. Ф., Кузнецов Н. Т., Цивадзе А. Ю., Симанова С. А., Василев В. А. - М.: Академкнига, 2007.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=268447&DB=1>

б) дополнительная литература:

1. Неорганическая химия: В 3-х т. / Под ред. Ю.Д.Третьякова. Т. 1. Физико-химические основы неорганической химии / М.Е.Тамм, Ю.Д.Третьяков.- М., 2004.
2. Неорганическая химия: В 3-х т. / Под ред. Ю.Д.Третьякова. Т. 2. Химия непреходных элементов / А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов.- М., 2004.

3. Неорганическая химия: В 3-х т. / Под ред. Ю.Д.Третьякова. Т. 3. Химия переходных элементов: Кн. 1, 2 / А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов.- М., 2007.
4. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия. В 2-х т. – М., 2004.
5. Штраус С. Решебник к учебнику «Неорганическая химия» Д.Шрайвера, П.Эткинса. – М., 2004.
6. Некрасов Б.В. Основы общей химии.- В 2-х т.- М., 1973.
7. Реми Г. Курс неорганической химии.- В 2-х т.- М., 1966.
8. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия.- В 3-х т.- М., 1969.
9. Турова Н.Я. Неорганическая химия в таблицах.- М., 1996.
10. Лидин Р.А., Андреева Л.Л., Молочко В.А. Химические свойства неорганических веществ.- М., 1996.
11. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия.- В 2-х т.- М., 1972.
12. Краткая химическая энциклопедия / Под ред. И.Л.Кнунянца.- В 5-и т.- М., 1961 - 1969.
13. Химическая энциклопедия / Под ред. Н.С.Зефирова.- В 5-и т.- М., 1989 - 1997.
14. Крешков А.П. Курс аналитической химии.- Т. 1. Качественный анализ.- М., 1972.
15. Михайленко Я.И. Курс общей и неорганической химии.- М., 1966.
16. Угай Я.А. Неорганическая химия.- М., 1989.
17. Угай Я.А. Общая химия.- М., 1984.
18. Глинка Н.Л. Общая химия.- Л., 1984.
19. Неницеску К.Д. Общая химия.- М., 1968.
20. Киреев В.А. Курс физической химии.- М., 1975.
21. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия.- М., 1988.
22. Физическая химия / Под ред. К.С.Краснова.- М., 1983.
23. Барнард А. Теоретические основы неорганической химии.- М., 1968.
24. Степин Б.Д., Цветков А.А. Неорганическая химия.- М., 1994.
25. Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия.- В 2-х т.- М., 1991 - 1994.
26. Еллиев Ю.Е., Карякин Н.В. Элементы физической химии в курсе общей химии.- Нижний Новгород, 1997.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения студентов названной дисциплине имеются в наличии аудитория для чтения потоковых лекций (328 корп. 2), для проведения семинарских занятий (ауд. 218, 125, 308, 308а корп. 5), специализированная лаборатория с необходимым оборудованием (207–209 корп. 5).

Материально-техническое обеспечение лабораторного практикума - лаборатория общего практикума, в которой имеются:

1. Общелабораторная стеклянная (колбы, стаканы, пробирки, воронки, пипетки, бюретки, ареометры, пикнометры, холодильники, термометры) и фарфоровая (тигли, ступки, пестики, чашки, стаканы) посуда.
2. Общелабораторное оборудование (электронные весы, анализаторы растворов, сушильный шкаф, муфельная печь, термостаты, фотоколориметр, автотрансформаторы, воздухоудка, электрические плитки и бани).
3. Установки для выполнения отдельных видов работ (вакуумное фильтрование, определение температур плавления и кипения, определение молярной массы газа, определение объема газа, определение удельной теплоемкости и теплового эффекта).

Материально-техническое обеспечение лекционных и семинарских занятий: доска, проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия.

Автор к.х.н., доцент А.А.Сибиркин

Рецензент д.х.н., профессор Е.В.Сулейманов

Заведующий кафедрой д.х.н., профессор, академик РАН М.Ф.Чурбанов