

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. декана

А. С. Князев

Рабочая программа дисциплины

Неорганическая химия

по направлению подготовки

04.03.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки:
Аналитическая химия (Analytical chemistry)

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Ю.Г. Слизов

Председатель УМК

В.В. Шелковников

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.

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.

ПК-2 Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ИОПК 1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ИОПК 1.3 Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

ИОПК 2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ИОПК 2.2 Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.

ИОПК 2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

ИПК 2.1 Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных).

ИПК 2.2 Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.

2. Задачи освоения дисциплины

– получить базовые знания по важнейшим разделам химии: периодический закон и система Д.И. Менделеева; теории строения атома, теории химической связи и валентности; основные законы термодинамики и кинетики; теории и законы растворов; закономерности периодической системы в химии элементов;

– понимать и анализировать классификацию веществ, составление схем, уравнений процессов; проводить систематизацию данных и т. п., используя теоретические основы традиционных и новых разделов химии;

– приобрести навыки работы с химическими веществами с соблюдением техники выполнения лабораторных работ и норм техники химической безопасности.

– проводить химические эксперименты по предлагаемым методикам и интерпретировать полученные результаты.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Первый семестр, экзамен

Второй семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для изучения и освоения курс «Неорганическая химия» строится на базе знаний по химии, физике, математике и информатике, объем которых определяется программами средней школы и считается усвоенным.

6. Язык реализации

Английский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 14 з.е., 504 часов, из которых:

-лекции: 96 ч.

-лабораторные: 128 ч.

-практические занятия: 56 ч.

в том числе практическая подготовка: 184 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Физико-химические основы неорганической химии

Модуль 1. Основные понятия, законы и задачи химии

Химия как система знаний о веществах и их превращениях. Основы атомной теории. Стехиометрические законы. Основные задачи современной неорганической химии.

Модуль 2. Строение атома, периодический закон и система

Развитие представлений о строении атома. Представления о дискретных свойствах вещества (теория Планка, фотоэффект). Модель атома водорода по Бору, спектр атома водорода. Двойственная природа электрона. Волны де Бройля. Квантовая механика как наука о движении микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга. Уравнение Шредингера, понятие волновой функции. Характеристика состояния электрона в атоме набором квантовых чисел. Атомные s-, p-, d-, f-орбитали и их энергия. Схема энергетических уровней многоэлектронных атомов. Эффекты экранирования, проникновение атомных орбиталей, межэлектронное отталкивание. Принцип энергетической выгодности, принцип Паули, правило Хунда. Емкость энергетических уровней, подуровней, орбиталей. Принцип построения электронных структур атомов. Электронные формулы атомов и ионов. Периодическая система как основной закон химии, современная формулировка Периодического закона. Периодическая система как классификация элементов по строению их электронных оболочек, периодичность в изменении электронной конфигурации атомов. Строение периодической системы. Положение элементов в периодах, рядах, группах, подгруппах, семействах в зависимости от энергетического состояния и числа валентных электронов атомов. Полные и неполные электронные аналоги. Различные формы периодической системы.

Периодичность изменения свойств атомов (радиусов атомов и ионов, энергии ионизации, электроотрицательности, сродства к электрону и т. д.) как следствие периодичности электронных структур. Периодичность изменения химических свойств элементов.

Модуль 3. Теории химической связи, валентности. Строение неорганических молекул

Природа химической связи, кривая потенциальной энергии ковалентной молекулы. Характеристики связи: энергия, длина, валентный угол, кратность, полярность,

эффективный заряд атома в молекуле. Типы химических связей. Рассмотрение ковалентных связей в теории валентных схем; σ -, π -, δ - связи. Типы гибридизации атомных орбиталей. Свойства ковалентной связи – насыщенность и направленность. Современные представления о валентности (понятие ковалентности, электровалентности, степени окисления, координационного числа). Геометрия газообразных ковалентных молекул, модель Гиллеспи. Основные понятия метода молекулярных орбиталей. Теория молекулярных орбиталей. Энергетические диаграммы двухатомных гомо- и гетероядерных молекул, образованных элементами первого и второго периодов. Ионная связь в газообразных молекулах (NaCl). Свойства ионных связей и ионных соединений. Поляризация ионов. Зависимость поляризуемости и поляризующего действия катионов и анионов от размера, заряда иона и строения электронной оболочки. Использование поляризационной модели для объяснения свойств соединений. Правило Пирсона мягких и жестких кислот и оснований. Водородная связь, учет водородной связи в различных теориях химической связи (электростатические взаимодействия, донорно-акцепторные), влияние водородной связи на свойства веществ. Металлическая связь. Понятие о зонной теории твердых тел. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Межмолекулярные взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса). Агрегатные состояния вещества: твердое, жидкое, газообразное. Химическая связь в конденсированных фазах. Виды взаимодействия в растворах. Кристаллическое и аморфное состояние. Типы кристаллических решеток, дефекты структуры. Свойства веществ с ионной, атомной, молекулярной, металлической решетками.

Модуль 4. Учение о химическом процессе

Энергия и направление химических реакций. Понятие о системе, фазе, компоненте, параметрах состояния системы, термодинамических функциях. Внутренняя энергия системы. Изохорные и изобарные процессы, их тепловые эффекты. Первый закон химической термодинамики. Стандартные энтальпии образования веществ. Закон Гесса и его следствия. Зависимость энтальпии реакции от температуры. Второй закон химической термодинамики. Понятие энтропии и энергии Гиббса. Критерии самопроизвольного протекания химических процессов в изолированных и открытых системах. Обратимые и необратимые химические реакции. Признаки состояния химического равновесия, термодинамический вывод закона действующих масс. Факторы, влияющие на величину константы равновесия. Виды констант равновесия (K_c , K_p , K_p , K_w , K_h , β_i). Смещение химического равновесия, принцип Ле Шателье. Основные понятия химической кинетики: скорость (средняя, истинная), порядок и молекулярность реакции, константа скорости, энергия активации. Влияние концентрации реагирующих веществ на скорость реакции, закон действующих масс для кинетики. Влияние температуры, катализатора и т. д. на скорость реакции, правило Вант-Гоффа, уравнение Аррениуса. Понятие о теории столкновений, теория активированного комплекса. Понятие о механизме реакции. Классификация реакций: последовательные, параллельные, сопряженные, цепные; ионные, молекулярные, радикальные. Понятие о гомогенном и гетерогенном катализе. Автокатализ.

Модуль 5. Растворы, их виды и свойства

Реальные и коллоидные растворы; жидкие, твердые и газообразные растворы. Насыщенные, ненасыщенные и пересыщенные растворы; идеальные и реальные растворы. Растворимость веществ, способы выражения содержания вещества в растворе; факторы, влияющие на растворимость веществ. Энергия кристаллической решетки, энергия сольватации. Раствор как фаза переменного состава. Понятие о фазовых диаграммах, правило фаз Гиббса. Диаграмма состояния воды. Коллигативные свойства разбавленных растворов неэлектролитов и электролитов. Закон Рауля и уравнение Вант-Гоффа, изотонический коэффициент. Методы определения молекулярных масс нелетучих неэлектролитов. Растворы электролитов. Основные положения теории электролитической

диссоциации. Сильные и слабые электролиты, константа и степень диссоциации слабого электролита. Факторы, влияющие на степень электролитической диссоциации. Активность и коэффициент активности иона, ионная сила раствора. Кажущаяся степень диссоциации сильного электролита. Применение закона масс к равновесиям в растворах электролитов. Ионное произведение воды, водородный индикатор. Гидролиз солей, факторы, влияющие на равновесие реакций гидролиза. Гетерогенные равновесия в растворах электролитов, правило произведения растворимости для труднорастворимых сильных электролитов. Понятие о современных теориях кислот и оснований. Сопряженные кислоты и основания. Константа протолитического равновесия как характеристика силы кислоты и основания.

Электрохимические свойства растворов. Понятие о двойном электрическом слое. Равновесие на границе раздела металл – раствор. Стандартные электродные потенциалы, ряд электрохимических потенциалов. Сопряженные окислительно-восстановительные пары. Окислительно-восстановительные реакции в гальваническом элементе, электродвижущая сила (ЭДС) элемента. Электролиз как окислительно-восстановительный процесс.

Модуль 6. Химия комплексных (координационных) соединений

Координационная теория Вернера. Основные понятия (комплексобразователь, его степень окисления, координационное число; лиганд, дентатность лиганда), предмет химии координационных соединений, номенклатура. Способность элементов периодической системы выступать в роли комплексобразователей и донорных атомов лигандов. Учет химических связей в комплексных соединениях. Теория кристаллического поля. Применение теории кристаллического поля для объяснения изменения энтальпии образования в ряду однотипных комплексов, для объяснения окраски и магнитных свойств комплексов. Классы комплексных соединений. Термодинамическая устойчивость комплексов в растворах. Хелатирующий эффект. Реакции замещения во внутренней сфере комплексов. Представление о кинетически лабильных и инертных комплексах. Изомерия комплексных соединений. Роль комплексных соединений в развитии науки, роль в природе, технике, медицине, неорганическом синтезе.

Химия элементов периодической системы

Модуль 7. Химия непереходных элементов

Общая характеристика s- и p-элементов.

Распространенность химических элементов. Химия водорода.

Геохимия как наука, основные понятия геохимии. Распространенность химических элементов на Земле и в Космосе. Связь распространенности химических элементов на Земле со строением атомных ядер и электронных оболочек атомов и ионов. Основной закон геохимии (закон Гольдшмидта), правила Менделеева, Оддо Гаркинса. Проблема размещения водорода в Периодической системе. Распространенность водорода, формы его нахождения в природе. Валентные состояния водорода, изотопы водорода, значение изотопов водорода для ядерной техники. Молекулярный водород, физико-химические свойства; получение водорода в лаборатории и промышленности; атомарный водород. Применение водорода, роль водорода в современной энергетике. Меры безопасности при работе с водородом. Соединения водорода с металлами и неметаллами - гидриды, типы связей в гидридах, получение гидридов, физико-химические свойства гидридов, применение. Химические аккумуляторы водорода.

1 группа элементов. Щелочные металлы и их соединения

Распространение щелочных элементов в природе, важнейшие минералы, получение и свойства щелочных металлов. Изменение химической активности щелочных металлов в

ряду от лития до цезия. Их связь с водой, кислородом, азотом. Соединения щелочных элементов: оксиды, пероксиды, надпероксиды, озониды, нитриды, гидриды; гидроксиды. Получение, строение, свойства, применение. Соли щелочных металлов (нитраты, сульфаты, галогениды), комплексные соединения. Изменение силы основания в растворе. Изменение термической устойчивости карбонатов, нитратов, сульфатов в ряду щелочных элементов. Особенности химии лития. Биологическая роль соединений щелочных элементов, их использование в промышленности, калийные удобрения.

2 группа элементов. Щелочноземельные металлы и их соединения

Сравнительная характеристика и свойства соединений металлов второй группы. Синтез и свойства металлического бериллия. Амфотерные свойства оксида и гидроксида бериллия. Средние и основные соли бериллия, оксобериллаты, их гидролиз; комплексные соли бериллия. Галогениды бериллия, получение, строение, свойства. Токсичность бериллия и его соединений. Магниевого минералы, получение магния из минералов, физические и химические свойства металлического магния. Магневые сплавы, их значение для современной техники. Оксид и гидроксид магния, соли, гидролиз солей магния. Галогениды, получение безводных галогенидов магния. Диагональное подобие свойств соединений магния и лития. Элементы подгруппы кальция. Минералы кальция (известняк, мел, мрамор, гипс), стронция (целестин, стронцианит), бария (тяжелый шпат, виверит). Получение металлов, их физические и химические свойства. Гидриды элементов подгруппы кальция, получение, свойства, применение. Оксиды и гидроксиды, галогениды, нитраты, малорастворимые сульфаты, карбонаты, оксалаты. Закономерности изменения свойств соединений щелочноземельных элементов: кислотно-основные свойства, комплексобразующая способность, растворимость, энергия гидратации ионов, термическая устойчивость карбонатов, сульфатов, нитратов в ряду кальция – бария. Жесткость воды (временная, постоянная), методы ее устранения. Токсичность соединений бария, опасность радиоактивного заражения стронцием. Радий, открытие радия М. Склодовской-Кюри. Выделение радия из руд, радиоактивные продукты распада радия.

13 группа элементов. Химия бора. Алюминий, элементы подгруппы галлия

Минералы бора, получение и свойства бора, модификации бора, его физические и химические свойства, применение бора в ядерной энергетике. Соединения бора с металлами и неметаллами: карбид бора, нитрид бора, бориды металлов. Галогениды бора, получение, свойства; тетрафтороборная кислота, ее соли. Боразол как аналог бензола. Получение, строение и свойства диборана. Гидридбораты металлов. Кислородные соединения бора: оксид бора, борные кислоты, их соли, полибораты, получение, строение, гидролиз. Эфиры борной кислоты. Применение бур. Диагональное подобие свойств соединений бора и кремния.

Минералы алюминия, переработка бокситов. Получение металлического алюминия, физические и химические свойства алюминия. Сплавы алюминия, их применение. Глинозем (III) и гидроксид алюминия. Получение алюминатов методом твердофазного синтеза, их свойства. Галогениды алюминия. Соли алюминия, гидролиз солей и алюминатов алюминия; получение и строение безводных галогенидов алюминия. Комплексные соединения и двойные соли алюминия. Диагональное подобие свойств соединений бериллия и алюминия. Применение соединений алюминия. Общая характеристика элементов подгруппы галлия. Извлечение галлия, индия, таллия из отходов производства алюминия и цветных металлов; получение, физические и химические свойства металлов, применение. Получение соединений одно- и трехвалентных элементов подгруппы галлия. Амфотерность оксидов и гидроксидов трехвалентного галлия, индия, таллия, их солей и комплексных соединений. Галогениды трехвалентных элементов. Применение соединений галлия, индия, таллия в полупроводниковой технике. Соединения таллия (I), их сходство с соединениями рубидия и серебра. Токсичность соединений таллия.

14 группа элементов. Химия углерода, кремния, Элементы подгруппы германия

Общая характеристика главной подгруппы четвертой группы, переход в группе от неметаллических (углерод, кремний) к металлическим свойствам (германий, олово, свинец). Химия характерных элементов - углерода и кремния. Формы углерода в природе, способность углерода образовывать связи С–С различной кратности, многообразие органических и неорганических соединений углерода. Аллотропные модификации углерода (графит, алмаз, карбин, фуллерены, графен): получение, строение, свойства, применение. Активированный уголь как адсорбент. Соединения углерода с металлами и неметаллами. Важнейшие карбиды, их классификация по типу химической связи, применение карбидов в технике и химической промышленности как тугоплавких, высокотвердых материалов. Галогениды углерода: четыреххлористый углерод, хлороформ, производные фтористого углерода и их применение. Металлоорганические соединения углерода. Кислородные соединения углерода: оксид углерода (II), молекулярное строение, получение, химические свойства. Карбонильные переходные элементы, получение, строение, свойства. Использование оксида углерода (II) в химической промышленности и в качестве топлива. Оксид углерода (IV), производство, молекулярная структура, физико-химические свойства, применение. Семейство угольной кислоты: угольная, карбаминовая, мочевиная, тиоугольная и субугольная кислоты. Угольная кислота, ее строение и свойства. Карбонаты, гидрокарбонаты, их гидролиз, термическая устойчивость. Производство соды (аммиачный и сульфатный методы) и поташа. Получение и применение мочевины. Соединения семейства синильной кислоты. Синильная кислота, простые и сложные цианиды. Цианамиды щелочных и щелочноземельных элементов. Соляная кислота и ее соли. Кремний. Основные кремнийсодержащие минералы: кварц, силикаты, алюмосиликаты (полевой шпат, слюда, асбест, каолин). Производство кремния, кристаллическая структура кремния, физические и химические свойства. Кремний как полупроводник. Соединения кремния с металлами и неметаллами: силициды, их классификация по типу химической связи, применение; галогениды, гексафторкремниевая кислота, ее соли. Карбид кремния и материалы на его основе. Силаны, получение, свойства, применение. Кислородные соединения кремния: оксид кремния (IV), его полиморфные модификации; кремниевые кислоты, кремнезоли и гели, силикаты, их гидролиз, природные силикаты. Основные типы силикатных структур: островные, цепочечные, слоистые, объемные. Искусственные силикаты: стеклянные, керамические, цементы, принципы промышленного производства стекла и цемента. Сравнение свойств кислородных соединений и галогенидов углерода и кремния. Важнейшие кремнийорганические соединения: силоксаны, силиконы, их применение в технике.

Общая характеристика элементов подгруппы германия. Распространенность германия (микроэлемента), олова, свинца в природе, минералы олова и свинца. Получение германия, очистка, его физические и химические свойства, применение в полупроводниковой технике. Получение металлического олова, свинца, их очистка; физические и химические свойства металлов. Применение металлов, их сплавов. Характеристика соединений четырехвалентных элементов подгруппы Германий: диоксиды, гидроксиды, соли, галогениды, сульфиды. Диоксид германия, германиевые кислоты, германаты. Гидриды и металлоорганические соединения германия (IV). Оловянные кислоты, станнаты, тиостаннаты; диоксид свинца, его окислительные свойства, плюмбаты. Изменение кислотно-основных, окислительно-восстановительных, комплексобразующих свойств четырехвалентных элементов в ряду германий – свинец. Соединения двухвалентных элементов: их получение, состав, строение, свойства. Оксиды, гидроксиды, галогениды, оксосоли олова (II) и свинца (II). Растворимые и нерастворимые соли свинца (II). Восстановительные свойства соединений олова (II). Применение соединений олова и свинца: сенсорные материалы, свинцовые аккумуляторы. Токсичность

свинца и его соединений. Сравнительная характеристика соединений четырехвалентных и двухвалентных элементов подгруппы германия.

15 группа элементов. Химия азота, фосфора, общая характеристика элементов подгруппы мышьяка

Общая характеристика элементов главной подгруппы пятой группы. Химия характерных элементов - азота, фосфора. Распространение и встречаемость азота в природе, получение азота в лаборатории и промышленности, применение молекулярного азота, проблема связывания атмосферного азота. Физические и химические свойства молекулярного азота. Строение молекулы азота. Галогениды азота, их свойства. Ионные, ковалентные, металлоподобные нитриды: получение, свойства. Водородные соединения азота: аммиак, гидразин, гидроксилламин, азотная кислота и их соли. Сравнение основных и окислительно-восстановительных свойств в ряду водородных соединений азота. Аммиак: строение, физические и химические свойства, получение в лаборатории и промышленности; гидроксид аммония, соли аммония, их получение и свойства. Применение аммиака и солей аммония. Получение, свойства и применение гидразина, гидроксилламина и их солей. Получение и свойства азотной кислоты и азидов. Кислородные соединения азота. Строение, получение и закономерности изменения свойств оксидов азота: N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 . Строение и свойства азотистой кислоты, получение, кислотные и окислительно-восстановительные свойства, нитриты. Азотная кислота: строение молекул, физико-химические свойства, получение в промышленности. Зависимость состава продуктов восстановления азотной кислоты металлами от концентрации кислоты и природы металла. Нитраты, получение, свойства, их роль в технологии. Термическое разложение аммиачной селитры и металлов. Формы нахождения фосфора в природе. Аллотропные модификации фосфора. Производство и применение красного и белого фосфора в промышленности. Строение белого и красного фосфора, физические и химические свойства. Взаимодействие фосфора с металлами и неметаллами. Водородные фосфорные соединения. Получение и свойства фосфина, фосфониевых солей. Оксиды фосфора (III, V): получение, молекулярная структура, свойства. Кислородсодержащие фосфорные кислоты. Одноядерные кислоты фосфора и их соли: фосфорноватистая кислота и гипофосфиты; фосфористая кислота и фосфиты; фосфорная кислота и фосфаты; получение, структура, свойства. Многоядерные фосфорные кислоты с фрагментами $-P-O-P-$: полиметафосфорные кислоты (ди-, три-, гексаметафосфорные кислоты, линейные и циклические), полиметафосфаты; полифосфорные кислоты (фосфорная кислота), полифосфаты; фосфорная кислота, перфосфаты. Многоядерные кислоты фосфора со связями $-P-P-$: фосфорная кислота, гипофосфаты. Сравнение кислотных, окислительно-восстановительных свойств и термической устойчивости кислородсодержащих кислот фосфора (I, III, V). Фосфорные удобрения и моющие средства на основе фосфатов.

Сравнительная характеристика соединений элементов подгруппы мышьяка. Минералы мышьяка (реальгар, аурипигмент), сурьмы (сурьмяный блеск), висмута (висмутовый блеск). Получение простых веществ из природного сырья. Физические и химические свойства простых веществ, применение мышьяка, сурьмы, висмута. Сплавы сурьмы и висмута. Водородные соединения элементов подгруппы мышьяка: получение, строение, свойства. Арсениды, антимониды, висмутиды, получение, свойства. Галогениды элементов (III, V) подгруппы мышьяка, получение, гидролиз. Сочетание трехвалентных элементов подгруппы мышьяка: оксиды, гидроксиды, оксосоли; сульфиды и тиозоли. Проявление амфотерных свойств соединений мышьяка. Важнейшие соединения висмута (III). Соединения пятивалентных элементов подгруппы мышьяка: оксиды, мышьяковая и сурьмяная кислоты, арсенаты и антимонаты; висмутаты, их получение и свойства как сильнейших окислителей. Сульфиды и тиозоли мышьяка (V) и сурьмы (V). Состояние сурьмы (V) в водных растворах. Сравнение состава, строения, кислотно-основных и

окислительно-восстановительных свойств однотипных соединений элементов (V, III) подгруппы мышьяка (простые вещества, гидриды, галогениды, оксиды, кислородсодержащие кислоты).

16 группа элементов. Химия кислорода и серы. Элементы подгруппы селена

Общая характеристика главной подгруппы шестой группы. Кислород и его соединения. Строение молекулы кислорода с точки зрения метода молекулярных орбиталей. Получение кислорода в лаборатории и промышленности, жидкий кислород. Физические и химические свойства молекулярного кислорода, его применение. Важнейшие оксиды металлов и неметаллов, классы оксидов, типы химических связей в них, физические и химические свойства оксидов. Вода как важнейшее соединение кислорода, роль воды в биосфере и геосфере. Получение, строение молекулы воды. Физические и химические свойства обычной и тяжелой воды. Пероксиды и надпероксиды, их получение, свойства и применение. Пероксид водорода, строение, термическая устойчивость, диссоциация в водном растворе, окислительно-восстановительные свойства пероксида водорода в кислых и щелочных средах. Получение и применение пероксида водорода в технике, медицине. Пероксиды, пероксиды металлов, их применение. Озон, его свойства, строение, производство. Применение для озонирования воды и воздуха, использование в качестве окислителя в синтезе. Озоны, их получение, свойства и применение.

Формы серы в природе, получение и применение серы. Сера: аллотропные модификации, диаграмма состояния, соединения с металлами и неметаллами (галогениды, гидриды, оксиды, сульфиды). Галогениды тионила, сульфурла, получение, свойства. Оксиды серы (IV, VI), их строение, физические и химические свойства. Сероводород, сульфаны; кислотнo-основные свойства водных растворов соединений сероводорода; сульфиды, полисульфиды, получение и свойства. Кислородсодержащие кислоты и их соли. Мононуклеарные кислоты серы: сульфоксиловая кислота; сернистая кислота, строение, получение, свойства. Сульфиты и гидросульфиты, их термическая устойчивость, окислительно-восстановительные свойства, гидролиз в водных растворах. Семейство серной кислоты: серная кислота, тиосерная кислота, надсерная кислота и их соли; фторсульфоновая, нитрозилсерная кислота. Серная кислота как одна из важнейших минеральных кислот, ее применение. Свойства серной кислоты, промышленные способы получения серной кислоты (контактной и азотистой), сульфаты и гидросульфаты металлов, влияние природы катиона на термическую устойчивость сульфатов. Тиосерная кислота, тиосульфаты. Получение, строение и свойства тиосульфата натрия. Многоядерные сернистые кислоты со связями кислород – сера: пиросерная, трисерная, супрасерная. Многоядерные сернистые кислоты со связями сера – сера: сероводородная, пиросерная, дитионовая, полиотионовая кислоты.

Элементы подгруппы селена, распространенность в природе, способы получения простых веществ. Агрегатное состояние, строение, свойства простых веществ. Водородные соединения. Оксиды EO_2 , EO_3 селена и теллура. Сравнение кислотнo-основных и окислительно-восстановительных свойств оксидов, гидроксидов четырехвалентной и шестивалентной серы, селена и теллура. Соли халькогенов в степени окисления +4, +6. Полоний — радиоактивный элемент. Вторичная периодичность в свойствах кислородных соединений элементов главной подгруппы шестой группы.

17 группа элементов. Характеристика семейства галогенов

Общая характеристика семейства галогенов. Распространение галогенов в природе, получение свободных галогенов в промышленности и в лаборатории, токсичность галогенов. Применение галогенов в промышленности и технике. Строение молекул двухатомных галогенов. Физические и химические свойства молекулярных галогенов, их окислительные свойства, взаимодействие с металлами и неметаллами. Взаимодействие галогенов с водой (гидратация, реакции диспропорционирования). Галогеноводороды, их

физические и химические свойства, способы получения. Характер изменения в ряду галогеноводородов прочности химической связи Н – Г и восстановительных свойств. Растворы галогеноводородов в воде, изменение силы галогеноводородных кислот в ряду HF–HI. Плавиковая и соляная кислоты, получение соляной кислоты в промышленности, свойства; получение хлоридов. Кислородные соединения галогенов – оксиды и кислородсодержащие кислоты. Оксиды хлора: Cl_2O , ClO_2 , ClO_3 , Cl_2O_7 , их получение, свойства. Оксиды брома и йода. Кислородсодержащие кислоты хлора, брома, йода и их соли, состав, свойства. Хлорноватистая кислота, ее соли. Хлорноватистая кислота, хлорноватая, хлорная кислоты и их соли, способы получения. Сравнение термической устойчивости кислот, силы кислот и окислительных свойств в ряду кислородсодержащих хлористых кислот. Кислородсодержащие кислоты брома, йода и их соли, состав, свойства. Получение бромноватой кислоты с использованием фторидов ксенона. Иодноватые кислоты, их гидратированные формы, получение кислот и их солей. Межгалогеновые соединения, полигалогениды, их получение и свойства, строение.

18 группа элементов. Химия благородных газов

Общая характеристика 18 группы. Распространение инертных газов в природе. Способы получения и свойства благородных газов, закономерности изменения их физико-химических свойств. Соединения ксенона (II, IV, VI, VIII): фториды, оксиды, кислородсодержащие кислоты и их соли. Химическая связь во фторидах ксенона (XeF_2 , XeF_4 , XeF_6). Окислительные свойства фторида ксенона и кислородных соединений. Применение благородных газов.

Модуль 8. Химия переходных элементов

Общая характеристика d-элементов.

3 группа элементов. Элементы подгруппы скандия и лантаноидов

Сравнительная характеристика элементов подгруппы скандия. Получение и свойства металлов, оксидов, гидроксидов, солей. Закономерности изменения кислотно-основных свойств оксидов, гидроксидов и комплексобразующих свойств в ряду Sc–La. Применение металлов подгруппы скандия. Общая характеристика редкоземельных элементов (РЗЭ). Нахождение РЗЭ в природе (монацит, лопарит, ксенотим, гадолинит), открытие РЗЭ; строение электронных оболочек атомов, характерные валентные состояния, устойчивые степени окисления РЗЭ. Разделение элементов на элементы цериевой и иттриевой подгрупп. Явление сжатия лантаноидов. Получение, физические и химические свойства металлических РЗЭ, применение РЗЭ в металлургии. Оксиды, гидроксиды, соли РЗЭ, двойные соли. Комплексные соединения РЗЭ, закономерность изменения их устойчивости в ряду лантан – лютеций. Комплексные соединения с полидентатными лигандами как основа современных методов разделения и очистки РЗЭ в ионообменной хроматографии и экстракции. Применение соединений РЗЭ (материалы лазерной оптики, катализаторы, люминофоры и т.д.).

4 группа элементов. Элементы подгруппы титана

Сравнительная характеристика элементов подгруппы титана. Распространение в природе, минералы титана (ильменит, рутил, перовскит), циркония и гафния (циркон); получение металлов, свойства и применение металлов и сплавов на их основе. Соединения четырехвалентных элементов подгруппы титана: оксиды и гидроксиды, оксосоли, галогениды. Изменение кислотно-основных свойств оксидов и гидроксидов в ряду титан – гафний. Состояние четырехвалентного титана, циркония, гафния в водных растворах, влияние pH на равновесие гидролиза, строение титанил-иона. Получение титанатов, цирконатов и гафнатов «сухим» способом и в водных растворах. Галогениды металлов, их получение, строение, свойства, применение; карбиды, нитриды, сульфиды и материалы на

их основе. Комплексные соединения четырехвалентного титана, циркония, гафния. Применение экстракционной и ионообменной хроматографии для разделения и очистки циркония и гафния. Синтез оксида, гидроксида, солей титана (III), их свойства; получение соединений титана (II). Сравнение окислительно-восстановительной устойчивости соединений титана (IV, III, II). Применение соединений титана, циркония, гафния.

5 группа элементов. Элементы подгруппы ванадия

Сравнительная характеристика элементов подгруппы ванадия, валентные состояния элементов пятой группы. Распространение в природе, получение, физические и химические свойства, применение металлов. Соединения пятивалентных элементов: оксиды, гидроксиды, оксосоли. Их получение, свойства. Влияние pH на состояние ионов элементов пятой группы в водных растворах: оксоанионы, полиоксоанионы, оксокатионы. Ванадаты, ниобаты, танталаты: получение, свойства; галогениды элементов. Комплексные соединения ванадия, ниобия, тантала; методы разделения ниобия и тантала. Закономерности изменения кислотно-основных, окислительно-восстановительных и комплексообразующих свойств в ряду пятивалентный ванадий – тантал. Соединения ванадия (II, III, IV): получение оксидов, гидроксидов, солей, оксосолей. Гидролиз соединений ванадия с различной степенью окисления. Сравнение окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств соединений ванадия с различной степенью окисления: +5, +4, +3, +2. Соединения ниобия и тантала в низких степенях окисления, кластерные соединения ниобия и тантала.

6 группа элементов. Элементы подгруппы хрома

Сравнительная характеристика элементов подгруппы хрома. Валентные состояния элементов шестой группы. Минералы хрома (хромистый железняк), молибдена (молибденит), вольфрама (шеелит, вольфрам). Получение, физические и химические свойства, применение металлов. Кислородные соединения шестивалентных элементов подгруппы хрома, оксиды, гидроксиды, оксосоединения. Оксид хрома (VI), получение, свойства. Кисотно-основное равновесие в водных растворах хроматов в зависимости от pH. Оксиды молибдена и вольфрама (VI), получение, свойства. Молибденовая и вольфрамовая кислоты, полимеризация анионов молибденовой и вольфрамовой кислот в кислых растворах их солей; изо- и гетерополисоединения молибденовой и вольфрамовой кислот, получение, строение, свойства и применение. Закономерности изменения кислотно-основных, окислительно-восстановительных свойств в ряду шестивалентных элементов хром хром вольфрам. Серосодержащие соединения хрома, молибдена, вольфрама: сульфиды, тиозоли (тиомолибдаты и тиовольфраматы). Пероксосоединения хрома. Галогениды, оксогалогениды элементов (VI) подгруппы хрома. Соединения хрома, молибдена, вольфрама в низших степенях окисления. Соединения хрома (III): оксид, гидроксид, их амфотерность; соли, оксосоли (хромиты), получение, свойства, реакции гидролиза. Гидратированная изомерия солей хрома (III). Комплексные соединения и двойные соли хрома (III) (квасцы). Оксид, гидроксид хрома (II); получение солей хрома (II) (хлорид, сульфат, ацетат). Восстановительные свойства соединений двухвалентного хрома. Кислородные соединения молибдена и вольфрама в низших степенях окисления. Сравнение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений хрома со степенями окисления +2, +3, +6.

7 группа элементов. Элементы подгруппы марганца

Сравнительная характеристика элементов подгруппы марганца. Валентные состояния марганца, технеция, рения. Минералы марганца, открытие рения, синтез технеция. Получение металлов, свойства и применение металлического марганца и его сплавов. Оксиды, гидроксиды, оксосоли элементов, получение, свойства; закономерности

изменения кислотно-основных, окислительно-восстановительных свойств в ряду Mn–Re. Марганцевая кислота, перманганаты, получение и свойства перманганата калия. Влияние на окислительную способность перманганата концентрации ионов водорода в водных растворах. Соединения марганца (VI): марганцевая кислота и манганаты, получение, свойства, применение, окислительно-восстановительные свойства. Соединения четырехвалентных соединений подгруппы марганца: диоксиды, гидроксиды, соли, получение и свойства, изменение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств в ряду Mn–Re. Оксид марганца (IV), манганаты (IV). Амфотерность диоксида марганца и окислительно-восстановительные реакции с его участием. Соединения элементов подгруппы марганца в низших степенях окисления: оксиды, гидроксиды, соли, оксосоли, комплексы марганца (II, III), их получение, свойства. Кластерные соединения. Сравнение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений марганца (и его аналогов) в разных степенях окисления. Применение соединений элементов подгруппы марганца.

8-10 группы элементов. Элементы семейств железа и платиновых металлов

Сравнительная характеристика элементов семейства железа. Валентные состояния элементов триады железа, характер изменения устойчивости высшей степени окисления в ряду железо – никель. Минералы железа (магнетит, гематит, сидерит, пирит), кобальта (кобальтин), никеля (пентландит). Получение железа восстановлением железных руд водородом или природным газом; процесс получения чугуна и стали. Получение кобальта и никеля из сульфидных руд. Физические и химические свойства железа, кобальта, никеля, применение металлов. Соединения двухвалентных элементов: оксиды, гидроксиды, соли, комплексы, получение, свойства. Гидроксид железа (II), соли железа (II) (сульфат, соль Мора, хлорид, карбонат, оксалат). Соли кобальта (II) и никеля (II). Важнейшие соединения трехвалентных элементов триады: оксиды, гидроксиды, соли, комплексные соединения. Оксид железа (III), смешанные оксиды. Гидроксид железа (III), получение и свойства; ферраты (III), их применение. Соли железа (III), гидролиз солей. Фторид кобальта (III). Сравнение устойчивости комплексных соединений кобальта (II) и кобальта (III). Карбонилы кобальта и никеля. Получение соединений железа (VI), ферратов, их окислительные свойства. Сравнение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений железа со степенями окисления +2, +3, +6. Сравнительная характеристика семейства платиновых металлов, значение комплексных соединений в химии платиновых элементов. Закономерности изменения устойчивости характерных степеней окисления в соединениях платиновых элементов (в триадах и диадах). Извлечение элементов платиновой группы из руд, разделение смеси соединений платиновых металлов; получение, физические и химические свойства металлов, способы перевода их в раствор, применение металлов. Важнейшие бинарные соединения платиновых элементов – оксиды, галогениды, халькогениды. Разнообразные комплексные соединения платиновых металлов. Соединения рутения и осмия в степени окисления +8, +6. Соли родия (III) и иридия (III). Соединения палладия (II), платины (II) и платины (IV), их строение и свойства. Амидо- и гидроксореакции комплексов платины (IV). Гексахлорплатиновая кислота и ее соли. Применение соединений платиновых металлов в химической технологии и медицине.

11 группа элементов. Элементы подгруппы меди

Сравнительная характеристика меди, серебра, золота; распространение в природе, получение. Переработка природных соединений меди, серебра, извлечение серебра из отходов переработки полиметаллических руд. Получение, аффинаж золота. Физические и химические свойства меди, серебра, золота, применение металлов и их сплавов, понятие о пробе металла. Соединения меди (II): оксид, гидроксид, соли, получение, свойства, гидролиз солей. Важнейшие комплексные соединения меди (II), их состав, строение и

устойчивость. Медь (II) как важнейший биометалл. Соединения меди (I): оксид, гидроксид, получение, свойства; принцип получения солей меди (I), диспропорционирование меди (I). Соединения меди (III): купраты, периодаты и теллураты меди (III), получение, свойства. Применение соединений меди, серебра, золота. Соединения серебра (I): оксид, гидроксид, растворимые и нерастворимые соли. Галогенидные, аммиачные и тиосульфатные комплексы серебра (I): получение, строение, устойчивость, свойства, их применение в фотографии и серебрении. Соединения серебра (II) и (III). Оксид золота (III), его гидраты, аураты. Комплексные соединения золота (III), их состав, строение, свойства. Соединения одновалентного золота, комплексные соединения, получение, свойства.

12 группа элементов. Элементы подгруппы цинка

Сравнительная характеристика элементов подгруппы цинка, особенности строения электронных оболочек атомов цинка, кадмия, ртути. Минералы цинка, кадмия, ртути. Получение, физические и химические свойства металлов. Применение цинка, кадмия, ртути и их сплавов, амальгамы. Получение и свойства оксидов, гидроксидов, солей элементов подгруппы цинка; комплексные соединения цинка (II), кадмия (II), ртути (II), получение, состав, устойчивость; амидные соединения ртути. Немонотонный характер изменения кислотно-основных свойств оксидов, гидроксидов и солей (реакция гидролиза) в ряду цинк (II) ртуть (II). Амфотерность оксида и гидроксида цинка (II). Окислительные свойства солей ртути (II). Соединения ртути (I): оксид, гидроксид, получение, строение, свойства; соли ртути (I) - нитрат, каломель, диспропорционирование ртути (I). Применение соединений цинка, кадмия, ртути. Токсичность соединений кадмия и ртути, методы демеркуризации помещений.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, ответов на семинарских занятиях, выполнения письменных и тестовых заданий к семинарским занятиям, выполнения письменных компетентностно-ориентированных вопросов и заданий к теме, контрольных работ и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Текущий контроль позволяет проверить приобретенные знания по ОПК-1 (ИОПК 1.1., ИОПК 1.2., ИОПК 1.3.), ОПК 2 (ИОПК 2.1., ИОПК 2.2., ИОПК 2.4.), ПК-2 (ИПК-2.1., ИПК-2.2.)

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из 12 вопросов. Продолжительность экзамена 2 часа.

Экзамен во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из 20 вопросов. Продолжительность экзамена 2 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=29855>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

- в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.
- г) Методические указания по проведению лабораторных работ.
- д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Дроздов А. А. Неорганическая химия: в 3 т.; т. 1, 2; т. 3 (кн. 1., 2) / А. А. Дроздов, В. П. Зломанов, Г. Н. Мазо, Ф. М. Спиридонов; под ред. Ю. Д. Третьякова. – М. : Академия, 2004–2008. – 233, 365, 348, 399 с. Электронная библиотека ТГУ (доступно читателям НБ ТГУ)
- Шевельков А.В. Неорганическая химия / А. В. Шевельков, А. А. Дроздов, М. Е. Тамм; под ред. А. В. Шевелькова. – М. : Лаборатория знаний, 2021. – 586 с.

б) дополнительная литература:

1. Howard DeVoe. Thermodynamics and Chemistry Second Edition / DeVoe Howard. – University of Maryland, College Park, Maryland, 2019. – 534.
2. House, J. E. Inorganic chemistry / James E. House. – Academic Press, 2010 – 864.
3. Shriver and Atkins' Inorganic Chemistry, Fifth Edition / P.W. Atkins, T.L. Overton, J.P. Rourke, M.T. Weller, and F.A. Armstrong. – Great Britain: Oxford University Press, 2010. – 824.
4. Miessler, Gary L. Inorganic chemistry. Fifth edition / Gary L. Miessler, St. Olaf College, Paul J. Fische. – Macalester College, 1994. – 682.
5. Chang, Raymond. General chemistry : the essential concepts. 5th ed. / Raymond Chang. – McGraw-Hill, 2008. – 757.

в) ресурсы сети Интернет:

- www.chem.msu.ru (<http://www.chemnet.ru>) – портал фундаментального химического образования России – доступ свободный.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Обучение дисциплине осуществляется с использованием следующих площадей и оборудования:

- лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации; интерактивной доской.
- лабораторные аудитории.

Лаборатории оснащены вытяжными и сушильными шкафами, муфелями, весами, электроплитками, дистилляторами, центрифугами, термометрами; стеклянной и фарфоровой посудой; необходимыми для выполнения лабораторных работ реактивами.

15. Информация о разработчиках

Селюнина Лилия Александровна, канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета.