



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Шевчик

А. П. Шевчик

« 29 »

2022 г.



Программа кандидатского экзамена

1.4.1 «Неорганическая химия»

Санкт-Петербург
2022

Введение

Настоящая программа кандидатского экзамена разработана для научной специальности 1.4.4 Неорганическая химия.

Экзаменуемый должен показать высокий уровень теоретической и профессиональной подготовки, знание основных законов, общих концепций и методологических вопросов специальности, истории ее формирования и развития, глубокое понимание основных разделов теории и практики изученного материала, а также умение применять свои знания для решения исследовательских задач.

Настоящая программа составлена на кафедре неорганической химии Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) в соответствии с требованиями, предъявляемыми к уровню владения теоретическим материалом, терминологической подготовленности и степени освоения дисциплины «Неорганическая химия».

1. Порядок проведения кандидатского экзамена

Проведение кандидатского экзамена осуществляется в форме открытого заседания экзаменационной комиссии. Кандидатский экзамен проводится в устной форме.

Аспиранты с ограниченными возможностями здоровья могут сдавать данный экзамен, как в устной форме, так и в письменной форме.

Экзаменационные билеты должны включать два вопроса из программы кандидатского экзамена по специальности и один вопрос из дополнительной программы, которая составляется аспирантом (соискателем) совместно с научным руководителем в соответствии с темой диссертационной работы соискателя и рассматривается на заседании кафедры.

Для подготовки к ответу аспиранту отводится не более 60 минут, а на ответ – не более 30 минут. При ответе на вопросы экзаменационного билета члены экзаменационной комиссии могут задавать дополнительные вопросы аспиранту только в рамках содержания вопросов экзаменационного билета.

Во время заседания экзаменационной комиссии ведётся протокол в соответствии с установленным образцом.

Решение экзаменационной комиссии принимается на закрытом заседании простым большинством голосов членов комиссии. Уровень знаний оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Результаты экзамена оформляются протоколом и объявляются всем аспирантам группы в тот же день после завершения сдачи кандидатского экзамена.

Все прочие необходимые условия приема кандидатского экзамена изложены в нормативных документах (локальных актах) СПбГТИ(ТУ).

2. Основное содержание программы кандидатского экзамена

2.1 Периодический закон Д.И. Менделеева и строение атома

Экспериментальные основы современной модели строения атома. Планетарная модель атома Резерфорда. Квантовый характер поглощения и излучения энергии атомами. Квантовая модель строения атома по Бору.

Корпускулярно-волновые свойства микробъектов. Уравнение де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Волновая функция. Квантовомеханическая модель строения атома Шрёдингера. Атомные орбитали. Квантовые числа. Энергия электрона в

основном и валентно-возбужденных состояниях атома водорода. *s*-, *p*-, *d*-, *f*-состояния электрона и соответствующие им формы электронных облаков.

Многоэлектронные атомы. Квантовые числа и порядок заполнения электронных оболочек многоэлектронных атомов: принцип минимума энергии, принцип Паули, правило Хунда, правило Клечковского. *s*-, *p*-, *d*- и *f*-элементы. Расположение электронных облаков *s*-, *p*- и *d*-орбиталей в пространстве вокруг ядра.

Периодический закон Д. И. Менделеева. Периодическая система элементов как естественная классификация элементов по строению внешних электронных оболочек атомов. Полные и неполные электронные аналоги. Периодические свойства атомов: радиус, энергия ионизации, энергия сродства к электрону, электроотрицательность, относительная электроотрицательность. Периодические свойства соединений: состав, строение, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства. Непериодические свойства атомов. Диагональное сходство элементов в Периодической системе.

2.2 Химическая связь и строение молекул

Квантовомеханическое описание химической связи в молекуле водорода по Гайтлеру–Лондону. Метод валентных связей. Ковалентная связь. Механизмы образования химической связи: обменный, донорно-акцепторный, дативный. Характеристики химической связи: энергия, длина, кратность, полярность. Типы химических связей (σ -, π - и δ -связи). Насыщаемость ковалентной связи. Молекулы с нечетным числом электронов.

Направленность ковалентной связи. Гибридизация атомных орбиталей. Валентность и степень окисления элемента. Валентные возможности элементов. Теория отталкивания σ -связывающих и неподеленных электронных пар Гиллеспи. Геометрическое строение молекул и ионов.

Полярность молекул и ионов. Диамагнитные и парамагнитные молекулы. Связь магнитного момента с числом неспаренных электронов.

Метод молекулярных орбиталей. Связывающие, разрыхляющие и несвязывающие молекулярные орбитали. Качественное описание молекулярных орбиталей двух- и трехатомных молекул из элементов первого и второго периодов. Сопоставление возможностей метода молекулярных орбиталей и метода валентных связей. Изоэлектронные частицы.

Газообразное и конденсированные состояния вещества. Валентные и невалентные силы сцепления между атомами, молекулами в твёрдых и жидких веществах. Ионная и металлическая связь. Кристаллические и аморфные вещества. Атомные, металлические, ионные и молекулярные кристаллические решетки. Силы Ван-дер-Ваальса (ориентационное, индукционное, дисперсионное взаимодействия). Водородная связь, её проявление в свойствах веществ.

2.3 Комплексные соединения

Определение понятия «комплексные соединения». Координационная теория Вернера. Центральный атом (ион)-комплексообразователь, лиганды. Внутренняя и внешняя сферы комплексного соединения. Координационное число. Координационная ёмкость (дентатность) лигандов. Основные типы комплексных соединений: кристаллогидраты, аквакомплексы, ацидо-комплексы, гидроксокомплексы, аммиакаты.

Номенклатура комплексных соединений.

Карбонилы, кластеры, хелаты. Концепция эффективного атомного номера.

Константы нестойкости и устойчивости координационных соединений. Использование констант для расчёта концентраций равновесных форм комплексных соединений.

Геометрическая конфигурация комплексного иона (молекулы) и гибридизация атомных орбиталей центрального атома (иона). Изомерия комплексных соединений.

Электролитическая диссоциация комплексных соединений – первичная и вторичная. Равновесия в растворах комплексных соединений: сольватационные, гидратационные и кислотно-основные. Инертные и лабильные комплексные соединения. Закономерность трансвлияния Черняева.

Основные положения теории кристаллического поля. Расщепление уровня энергии *d*-электронов в полях различной симметрии: октаэдрической, тетраэдрической, квадратной. Энергия стабилизации кристаллическим полем. Высоко- и низкоспиновые комплексы. Спектрохимический ряд лигандов. Комплексы сильного и слабого полей, их электронные конфигурации и магнитные свойства.

Влияние образования комплексных соединений на протекание обменных и окислительно-восстановительных реакций.

2.4 Общие закономерности протекания химических реакций

2.4.1 Термохимия и элементы химической термодинамики

Экзотермические и эндотермические реакции. Изменение энтальпии как характеристика теплового эффекта химической реакции. Закон Гесса и его применение для расчёта тепловых эффектов химических реакций. Стандартное состояние и стандартная энтальпия образования вещества.

Понятие об энтропии. Свободная энергия Гиббса. Изменение энергии Гиббса как термодинамический критерий возможности самопроизвольного протекания реакции. Стандартное изменение энергии Гиббса в реакции. Расчёт констант равновесия. Исходные и равновесные концентрации. Влияние температуры на величину энергии Гиббса, константу равновесия и состояние равновесия.

2.4.2 Кинетика химических реакций и катализ

Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость химической реакции. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции. Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов. Порядок и молекулярность химической реакции. Правило Вант-Гоффа. Зависимость константы скорости от температуры. Энергия активации. Уравнение Аррениуса. Понятие о механизмах химических реакций.

Явление катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Образование промежуточных соединений при катализе. Адсорбция и её роль в гетерогенном катализе.

2.4.3 Химическое равновесие

Равновесные и неравновесные химические процессы. Обратимые и необратимые химические реакции. Динамический характер химического равновесия. Смещение химического равновесия при внешних воздействиях. Принцип Ле Шателье–Брауна и его объяснение с позиций термодинамики и кинетики.

Закон действующих масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Расчёты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций. Расчёт равновесных концентраций.

2.5 Растворы и электролиты

Растворы как гомогенные системы. Представления Д. И. Менделеева о природе жидких растворов. Гидраты и сольваты. Ненасыщенные, насыщенные и пересыщенные растворы. Способы выражения концентрации растворов в процентах по массе и в единицах молярности.

Идеальные и неидеальные растворы. Растворы электролитов. Сильные и слабые электролиты. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Степень диссоциации электролита. Зависимость степени диссоциации электролита от его концентрации (закон разведения Оствальда).

Кислоты, основания, амфотерные гидроксиды, соли с точки зрения теории электролитической диссоциации. Роль молекул растворителя в процессе распада электролита на ионы.

Константы диссоциации слабых электролитов. Ступенчатая диссоциация. Концентрационные и термодинамические константы диссоциации.

Сильные электролиты. Активности ионов. Ионная сила раствора. Расчёт концентраций ионов в растворах сильных электролитов.

Электролитическая диссоциация воды. Ионное произведение воды. Водородный показатель рН как единый параметр описания кислых, нейтральных и щелочных растворов. Индикаторы. Реакции нейтрализации.

Протолитическая теория кислот и оснований Бренстеда–Лоури. Протолитические равновесия. Роль растворителя в кислотно-основных взаимодействиях. Кислотные свойства аквакомплексов. Электронная теория кислот и оснований Льюиса.

Ионные реакции в растворах. Константы равновесия ионных реакций и их расчёт. Расчёт равновесных концентраций в кислотно-основных системах. Материальные балансы в кислотно-основных системах. Молярные доли компонентов равновесных систем.

Гидролиз солей и галогенангидридов. Зависимость степени гидролиза от концентрации соли и температуры раствора. Особые случаи гидролиза.

Смещение ионных равновесий. Буферные растворы. Связь между рН буферного раствора и константой диссоциации слабого электролита. Буферная ёмкость. Применение буферных растворов в химической практике. Ацетатный и аммиачный, фосфатные буферные растворы. Образование буферных растворов при протекании ионных реакций.

Гетерогенные равновесия. Произведение растворимости. Расчёт растворимости малорастворимой соли по величине произведения растворимости. Влияние на растворимость температуры, кислотности раствора, присутствия одноименных ионов, процессов комплексообразования, ионной силы раствора. Перевод в раствор малорастворимых солей.

2.6 Окислительно-восстановительные процессы

Степени окисления элементов. Окислительно-восстановительные реакции. Наиболее употребляемые окислители и восстановители и их превращения в водных растворах при различных значениях рН. Окислительно-восстановительная двойственность веществ. Реакции самоокисления-самовосстановления (диспропорционирования). Внутримолекулярные окислительно-восстановительные реакции. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций, нахождение стехиометрических коэффициентов с помощью ионно-электронных схем и электронного баланса.

Гальванические элементы. Стандартный водородный электрод. Стандартные электродные потенциалы металлов. Ряды стандартных электродных потенциалов металлов (электрохимические ряды напряжений металлов) в кислой и щелочной средах и их применение для решения химических задач.

Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы. Уравнение Нернста. Влияние на величину потенциала кислотности раствора, присутствия комплексообразующего реагента, образования малорастворимого соединения. Диаграммы Латимера. Равновесие в окислительно-восстановительных процессах и константа равновесия.

Электролиз растворов и расплавов. Катодный и анодный процессы и общее уравнение реакции электролиза. Перенапряжение выделения веществ при электролизе. Законы Фарадея. Химические источники тока.

Электрохимическая коррозия металлов и методы защиты от неё.

2.7 Неорганическая химия. Химия элементов

2.7.1 Водород

Нахождение в природе. Изотопы водорода. Строение атома и молекулы. Положение водорода в Периодической системе Д. И. Менделеева. Физические и химические свойства водорода и его применение. Водород как топливо будущего. Методы получения водорода: промышленные и лабораторные. Степени окисления. Атомарный водород.

Соединения водорода и их свойства. Тяжёлая вода. Гидриды, гидрид-ион как лиганд.

2.7.2 Кислород

Нахождение в природе. Аллотропия кислорода. Строение атома и молекулы кислорода. Синглетный кислород. Физические и химические свойства кислорода и его применение. Получение кислорода в промышленности и в лаборатории. Оксиды основные, кислотные и амфотерные. Гидроксиды и гидроксокомплексы.

Озон, его получение и химические свойства, строение молекулы. Озоныды. Озон в атмосфере, «озоновые дыры».

Вода. Аномалия её физических свойств. Строение молекулы воды. Ассоциация молекул воды. Вода как растворитель. Электролитическая и термическая диссоциация воды. Химические свойства воды. Аквакомплексы и кристаллогидраты. Природная и техническая вода. Клатраты на основе воды.

Пероксид водорода, его получение, химические свойства и применение. Пероксид водорода как окислитель и восстановитель. Пероксиды и пероксокислоты, супероксиды.

2.7.3 Простые вещества и соединения элементов первой группы Периодической системы

Строение атомов, их степени окисления, валентные возможности. Состав и строение соединений. Сопоставление кислотно-основных, окислительно-восстановительных свойств соединений. Способность элементов первой группы к образованию комплексов.

s-элементы I группы.

Литий.

Нахождение в природе. Получение металлического лития, его химические свойства и применение. Отношение к кислотам, воде и различным окислителям. Соединения с кислородом, азотом и водородом – получение и химические свойства. Важнейшие соединения лития. Малорастворимые соли. Аквакомплекс лития.

Натрий, калий, рубидий, цезий.

Нахождение в природе. Природные соединения щелочных металлов как сырьё химической промышленности. Получение металлов в свободном состоянии, их химические свойства и применение. Отношение к кислотам, воде. Растворение щелочных металлов в жидком аммиаке.

Соединения с кислородом – оксиды, пероксиды, супероксиды и озониды, получение, химические свойства и применение.

Гидриды. Гидроксиды щелочных металлов, получение, химические свойства и применение. Важнейшие соли: галогениды, нитраты, карбонаты и гидрокарбонаты, получение и химические свойства. Сода, получение соды по Сольве и Леблану. Поташ. Калийные удобрения.

Комплексные соединения щелочных металлов.

d-элементы I группы.

Медь, серебро, золото.

Нахождение в природе. Промышленное получение металлов. Сплавы меди и золота, их свойства и применение. Положение металлов в электрохимическом ряду напряжений. Химические свойства металлов, отношение к кислотам и щелочам, различным окислителям.

Соединения меди(I) и меди(II), их химические свойства и применение. Применение аммиака меди(I) для очистки газов от кислорода. Аммиакат меди(II).

Соединения серебра(I) и (II) и их химические свойства. Малорастворимые соединения серебра(I). Комплексные соединения серебра(I). Взаимодействие галогенидов серебра(I) с растворами аммиака, карбоната аммония, тиосульфата натрия. Светочувствительность соединений серебра(I).

Соединения золота(I) и (III), их химические свойства. Комплексные кислоты золота(III). Цианидные комплексы золота(I).

2.7.4 Простые вещества и соединения элементов второй группы Периодической системы

s-элементы II группы.

Строение атомов, степени окисления, валентные возможности. Состав и строение соединений. Сопоставление кислотно-основных, окислительно-восстановительных свойств соединений. Способность элементов второй группы к образованию комплексов.

Бериллий.

Нахождение в природе, получение металлического бериллия. Сплавы бериллия, их свойства и применение. Химические свойства бериллия, отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксид и гидроксид бериллия и их свойства. Aqua-, гидроксо-, фторидные комплексы бериллия(II).

Токсичность соединений бериллия.

Магний, кальций, стронций, барий.

Нахождение в природе, получение и применение металлического магния. Сплавы магния, их свойства и применение. Отношение магния к кислотам, щелочам, различным окислителям. Использование магния для восстановления элементов из оксидов. Оксид и гидроксид магния, их свойства. Растворение гидроксида магния в солях аммония.

Щелочноземельные металлы – кальций, стронций, барий. Нахождение в природе. Получение и химические свойства металлов. Отношение к воде, кислотам, различным окислителям. Растворение металлов в жидком аммиаке. Взаимодействие металлов с кислородом. Оксиды, пероксиды и гидроксиды, их свойства. Малорастворимые соли: сульфаты, фосфаты, карбонаты, перевод их в раствор.

Термическая диссоциация карбонатов. Негашёная и гашёная известь. Жёсткость воды и её устранение. Хлорид кальция как осушитель.

Сульфатокomплекс кальция.

d-элементы II группы.

Цинк, кадмий, ртуть.

Нахождение в природе, получение металлов, их применение. Положение металлов в электрохимическом ряду напряжений. Химические свойства. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Окисление металлической ртути элементарной серой, хлоридом железа(III).

Aqua-, гидроксо-, аммиачные комплексы цинка(II) и кадмия(II). Соединения ртути(I) и (II). Концепция инертной ($6s^2$) электронной пары. Взаимодействие солей ртути(II) с раствором аммиака. Амидореакция. Реактив Несслера. Соли основания Миллона. Особенности электролитической диссоциации солей ртути(II).

Токсичность кадмия и ртути и их соединений.

2.7.5 Простые вещества и соединения элементов третьей группы Периодической системы

p-элементы III группы.

Строение атомов, степени окисления, валентные возможности. Состав и строение соединений. Сопоставление кислотно-основных, окислительно-восстановительных свойств соединений. Способность элементов третьей группы к образованию комплексов. Аномалии изменения свойств в третьей группе, обусловленные наличием вставных декад.

Бор.

Нахождение в природе, получение, химические свойства. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Бораны (соединения бора с водородом). Трёхцентровые электронодефицитные связи в диборане. Применение боргидридов. Борная и полиборные кислоты, их соли. Мета-, орто-, тетрабораты. Тетраборат натрия (бура), буферные растворы на его основе. Взаимодействие буры с кислотами и щелочами.

Галогениды бора как кислоты Льюиса. Нитриды бора (эльбор, боразон), их сходство с алмазом и графитом по строению и свойствам.

Алюминий.

Нахождение в природе. Получение металлического алюминия. Его химические свойства и применение. Алюмотермия. Сплавы алюминия. Отношение алюминия к кислотам и щелочам, различным окислителям. Оксид и гидроксид алюминия, алюминаты и гидроксокомплексы. Алюминиевые квасцы. Галогениды алюминия как кислоты Льюиса. Гидридоалюминаты, их свойства.

Галлий, индий, таллий.

Получение металлов, их химические свойства. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксиды и гидроксиды, их химические свойства. Соединения таллия(I) и (III). Малорастворимые соли таллия(I). Окислительные свойства соединений таллия(III). Токсичность соединений таллия.

d-элементы III группы.

Скандий, иттрий, лантан, актиний, лантаниды и актиниды.

Нахождение элементов в природе. Получение металлов и их применение. Отношение металлов к кислотам, щелочам, различным окислителям. Сходство химических свойств скандия и алюминия.

Лантаниды. Их применение в технике. Характерные степени окисления. Внутренняя периодичность. Окислительные свойства церия(IV) и восстановительные свойства европия(II).

Актиниды. Их применение в технике. Характерные степени окисления. Соединения актинидов в высоких степенях окисления.

Роль лантанидов и актинидов как материалов для ядерной техники.

2.7.6 Простые вещества и соединения элементов четвёртой группы Периодической системы

p-элементы IV группы.

Строение атомов, степени окисления, валентные возможности. Состав и строение соединений. Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений. Способность элементов четвёртой группы к образованию комплексов.

Углерод.

Нахождение в природе. Аллотропные модификации углерода: алмаз, графит, карбин, фуллерены. Их применение. Углерод как восстановитель и адсорбент. Карбиды и их свойства.

Отношение углерода к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксиды углерода. Восстановительные свойства оксида углерода(II). Карбонилы металлов. Угольная кислота, её неустойчивость. Карбонаты. Кальцинированная и питьевая сода. Содовая вытяжка.

Сероуглерод. Галогениды и оксогалогениды углерода. Соединения углерода с азотом: дициан, циановодородная, циановая, изоциановая, тиоциановая кислоты и их соли. Цианиды и тиоцианаты как лиганды. Токсичность соединений углерода.

Кремний.

Нахождение в природе. Получение кремния, его химические свойства и применение. Отношение кремния к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксид кремния(IV). Кремниевые кислоты и силикаты. Жидкое стекло. Кварцевое и обычное стекло. Алумосиликаты и цеолиты. Соединения кремния с галогенами. Гексафторокремниевая кислота.

Роль элементарного кремния и его соединений как материалов современной электроники.

Германий, олово, свинец.

Нахождение в природе. Получение и химические свойства. Положение металлов в электрохимическом ряду напряжений. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксиды EО и EО₂, гидроксиды, гидроксокомплексы. α- и β-оловянные кислоты. Соединения олова(II) как восстановители и соединения свинца(IV) как окислители в кислой и щелочной средах. Свинцовый сурик.

d-элементы IV группы

Титан, цирконий, гафний.

Получение металлов, их свойства и применение. Отношение к кислотам и щелочам. Оксиды, гидроксиды, их свойства. Соли.

2.7.7 Простые вещества и соединения элементов пятой группы Периодической системы

p-элементы V группы (пниктогены)

Строение атомов, степени окисления, валентные возможности. Состав и строение соединений. Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений. Способность элементов пятой группы к образованию комплексов.

Азот.

Нахождение в природе. Получение и применение азота. Химическая инертность молекулярного азота и способы его связывания. Соединения азота с водородом. Аммиак, его химические свойства. Жидкий аммиак как растворитель. Амиды, имида, нитриды. Равновесия в водном растворе аммиака. Восстановительные свойства аммиака и его солей в водных растворах. Аммиак как лиганд. Строение иона аммония. Соли аммония, их поведение при нагревании.

Гидразин и гидроксилламин. Получение, строение, химические свойства. Соли гидразиния и гидроксилламиния и их свойства. Применение гидразина и гидроксилламина и их солей в качестве восстановителей. Азидоводородная кислота, азиды. Получение, строение, химические свойства.

Оксиды азота. Их получение. Оксид азота(I), строение и свойства. Оксид азота(II), строение, парамагнетизм молекулы, химические свойства. Нитрозил-ион как лиганд. Оксид азота(III), термическая устойчивость, химические свойства. Азотистая кислота, нитриты. Окислительно-восстановительная двойственность нитритов. Нитрит-ион как лиганд. Оксид азота(IV), строение, парамагнетизм молекулы. Взаимодействие оксида азота(IV) со щелочами и водой. Оксид азота(V), строение и свойства. Азотная кислота, получение в промышленности. Химические свойства азотной кислоты и нитрат-иона.

Свойства смесей азотной кислоты с соляной (царская водка), плавиковой, серной кислотами. Окислительные свойства нитратов в расплавах.

Фосфор.

Нахождение в природе. Получение. Аллотропные модификации фосфора и их реакционная способность. Химические свойства, отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Фосфин, его производные, их химические свойства. Фосфорноватистая и фосфористая кислоты, их соли. Получение, строение, основность, восстановительные свойства.

Оксид фосфора(V), получение, химические свойства, осушающее действие. Фосфорные кислоты: метафосфорная, дифосфорная, ортофосфорная, их получение, взаимные переходы. Фосфаты, гидролиз фосфатов. Буферные растворы на основе фосфорной кислоты и её солей.

Галогениды и оксогалогениды фосфора, их получение, свойства, взаимодействие с водой.

Мышьяк, сурьма, висмут.

Нахождение в природе. Получение. Положение металлов в электрохимическом ряду напряжений. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Соединения с активными металлами и водородом. Свойства водородных соединений, строение молекул. Термическая устойчивость. Оксиды, гидроксиды, галогениды мышьяка(III), сурьмы(III), висмута(III), их химические свойства. Оксогалогениды сурьмы(III) и висмута(III).

Соединения мышьяка(V), сурьмы(V). Оксиды, гидроксиды, галогениды, их химические свойства. Висмутаты, их получение и окислительные свойства.

Сульфиды мышьяка(III), (V), сурьмы(III), (V). Тиосоли. Сульфид висмута(III).

d-элементы V группы

Ванадий, ниобий, тантал.

Получение, химические свойства, применение в качестве конструкционных материалов. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксиды, галогениды, оксогалогениды и соли.

2.7.8 Простые вещества и соединения элементов шестой группы Периодической системы

p-элементы VI группы (халькогены)

Строение атомов, степени окисления, валентные возможности. Состав и строение соединений. Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений. Способность элементов шестой группы к образованию комплексов.

Сера.

Нахождение в природе, получение элементарной серы. Аллотропия. Химические свойства серы и её применение. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям.

Сероводород, его получение и химические свойства. Малорастворимые сульфиды, способы перевода их в раствор. Окисление малорастворимых сульфидов азотной кислотой. Полисульфиды, сульфан (многосернистый водород), их свойства.

Оксид серы(IV), его получение в промышленности и в лаборатории, химические свойства. Сернистая кислота и её устойчивость. Сульфиты и гидросульфиты, их гидролиз. Сульфит-ион как лиганд. Восстановительные свойства оксида серы(IV), сернистой кислоты, сульфитов. Дитиониты, дитионаты – их химические свойства.

Тиосерная кислота и тиосульфат натрия. Тиосульфат натрия как восстановитель и лиганд. Разложение тиосульфата серебра.

Оксид серы(VI). Получение, строение молекулы. Серная кислота. Нитрозный и контактный способы получения. Химические свойства серной кислоты. Дегидратирующее

действие серной кислоты. Дисерная кислота. Пероксосерные кислоты и их соли. Получение и свойства. Галогениды и оксогалогениды серы. Получение, взаимодействие с водой и с растворами щелочей.

Селен, теллур.

Нахождение в природе, получение. Аллотропия. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям.

Соединения с водородом. Оксиды EO_2 и EO_3 . Кислоты на их основе. Орто- и метаформы теллуровой кислоты. Окислительно-восстановительная двойственность соединений селена(IV) и теллура(IV). Токсичность селена и его соединений.

d-элементы VI группы

Хром, молибден, вольфрам.

Нахождение в природе. Получение. Положение металлов в электрохимическом ряду напряжений. Применение в качестве конструкционных материалов. Нержавеющие стали. Химические свойства, отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям.

Соединения хрома(II), их восстановительные свойства. Соединения хрома(III), оксид и гидроксид, хромиты и гидрокомплексы. Хромовые квасцы. Окисление соединений хрома(III). Оксид хрома(IV) и его применение. Соединения хрома(VI): оксид, хромовая и дихромовая кислоты, хроматы и дихроматы, их получение, химические свойства и взаимные переходы. Окислительные свойства соединений хрома(VI) в кислой и щелочной средах. Пероксохромовые соединения.

Соединения молибдена(VI) и вольфрама(VI). Молибденовая жидкость как реагент на фосфат-ионы. Гетерополисоединения.

2.7.9 Простые вещества и соединения элементов седьмой группы Периодической системы

p-элементы VI группы (галогены)

Строение атомов, степени окисления, валентные возможности. Состав и строение соединений. Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений. Способность элементов седьмой группы к образованию комплексов. Интергалогениды. Хлорфторуглеводороды.

Фтор.

Нахождение в природе (плавиковый шпат, криолит). Получение фтора, его химические свойства и применение. Материалы, устойчивые по отношению к фтору. Взаимодействие фтора с водой, растворами щелочей. Фториды кислорода. Фтороводород, фтороводородная (плавиковая) кислота, химические свойства и применение. Роль водородных связей в свойствах фтороводородной кислоты. Гидрофториды. Фторид-ион как лиганд. Соединения фтора с благородными газами как фторирующие реагенты.

Хлор.

Нахождение в природе. Получение в промышленности и лаборатории, химические свойства и применение. Хлороводород и хлороводородная (соляная) кислота, получение, химические свойства, применение. Хлорид-ион как лиганд.

Взаимодействие хлора с водой, растворами щелочей, константы равновесия. Хлорная вода.

Соединения хлора с кислородом. Оксид хлора(I), хлорноватистая кислота, гипохлориты, получение, свойства. Диспропорционирование гипохлоритов. Хлорная (белильная известь), её свойства и применение. Оксид хлора(IV). Диспропорционирование в водных и щелочных растворах. Хлористая кислота, хлориты. Хлорноватая кислота, хлораты, химические свойства и применение. Хлорат калия (бертолетова соль) и его окислительные свойства. Диспропорционирование хлоратов.

Оксиды хлора(VI) и(VII), их взаимодействие с водой. Хлорная кислота и перхлораты, их получение, химические свойства и применение. Взрывоопасность перхлоратов тяжёлых металлов.

Сопоставление кислотных и окислительных свойств кислородсодержащих кислот хлора. Токсичность хлора и его соединений.

Бром, иод.

Нахождение в природе, получение, химические свойства и применение. Растворимость брома и иода в воде и органических растворителях. Полигалогениды. Поведение брома и иода в воде и щелочных растворах, константы равновесия. Реакция брома и иода с тиосульфатом натрия.

Бромоводород, бромоводородная кислота, бромиды. Иодоводород, иодоводородная кислота, иодиды. Получение и химические свойства. Бромид- и иодид-ионы как лиганды.

Кислородсодержащие кислоты брома и иода и их соли. Способы получения и химические свойства. Бромноватая и иодноватая кислоты, бромная и иодная кислоты и их соли. Особенности гидратных форм иодной кислоты.

d-элементы VII группы

Марганец, технеций, рений.

Нахождение в природе, получение простых веществ и их свойства. Карбонильные комплексы марганца(0) и рения(0). Оксид и гидроксид марганца(II), их свойства. Окисление соединений марганца(II) в различных средах. Соединения марганца(III).

Оксид марганца(IV) (пиролюзит) и его химические свойства, поведение в кислых и щелочных средах. Окислительно-восстановительная двойственность соединений марганца(IV). Соединения марганца(VI), их окислительно-восстановительные свойства и диспропорционирование.

Соединения марганца(VII), оксид, марганцовая кислота, перманганаты, получение, химические свойства. Взрывоопасность оксида марганца(VII). Перманганат калия, его окислительные свойства в кислой и щелочной средах, применение. Пиролиз перманганата калия.

2.7.10 Простые вещества и соединения элементов восьмой группы Периодической системы

p-элементы VIII группы

Строение атомов, степени окисления, валентные возможности. Состав и строение соединений. Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений. Способность элементов седьмой группы к образованию комплексов.

Благородные газы (гелий, неон, аргон, криптон, ксенон, радон).

Нахождение в природе, получение и применение. Особенности строения электронных оболочек атомов благородных газов.

Оксофториды, оксиды и кислородсодержащие кислоты ксенона. Взаимодействие фторидов ксенона с водой и растворами щелочей. Химические соединения других благородных газов. Применение соединений благородных газов.

d-элементы VIII группы

Железо, кобальт, никель.

Нахождение в природе, получение металлов и их свойства. Сплавы железа, кобальта, никеля и их применение. Карбонильные комплексы железа(0), кобальта(0), никеля(0).

Положение металлов в электрохимическом ряду напряжений. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Железо(II), (III), кобальт(II), (III), никель(II), (III), их оксиды, гидроксиды.

Аммиак, вода, фторид-ион, тиоцианат-ион, цианид-ион как лиганды комплексов железа(II), (III), кобальта(II), (III), никеля(II). Условие устойчивости соединений

кобальта(II) и (III) в водных растворах. Окислительные свойства соединений железа(III), восстановительные свойства соединений железа(II). Соль Мора. Ферраты. Диметилглиоксимат никеля(II).

Платиновые металлы (рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина).

Нахождение в природе. Положение металлов в электрохимическом ряду напряжений. Применение платиновых металлов и их соединений в современной технике. Способы перевода платиновых металлов в растворимые соединения. Отношение палладия и платины к царской водке. Роль координационных соединений в химии платиновых металлов.

2.8 Методы синтеза и исследования комплексных соединений

Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы, использования надкритического состояния. Золь-гель метод.

Гидротермальный синтез. Твердофазный синтез и его особенности; использование механохимической активации. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Фотохимические и электрохимические методы синтеза. Применение вакуума и высоких давлений в синтезе. Основные методы разделения и очистки веществ. Методы выращивания монокристаллов и их классификация.

Реакции замещения, окисления (восстановления), перегруппировки лигандов в комплексных соединениях.

Методы изучения кристаллического строения твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Брэгга, расчет межплоскостных расстояний. Метод порошка, научные основы и применение. Метод Гинье. Индексирование рентгенограмм. Идентификация веществ по рентгенограммам, рентгенофазовый анализ. Общие представления о структурном анализе по порошковым данным. Метод Ритвельда. Рентгенографическое исследование монокристаллов, общие представления о ходе структурного анализа.

Спектральные методы исследования: колебательная спектроскопия, ИК- и КР-спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия; спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР); ядерная γ -резонансная (мессбауэровская) спектроскопия.

Методы определения химического состава. Химический элементный анализ. Рентгенофлуоресцентный анализ. Локальный рентгеноспектральный анализ, масс-спектрометрические методы, атомноэмиссионная спектроскопия. Методы исследования поверхности. Оже-электронная спектроскопия, РФЭС, обратное резерфордское рассеяние. Методы исследования ближнего окружения атомов. Рентгеновская абсорбционная спектроскопия (EXAFS, XANES).

Исследования термических свойств веществ. Термогравиметрический анализ. Дифференциально-термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия.

Электрохимические методы исследования: кондуктометрия, потенциометрия, вольтамперометрия, кулонометрия.

3. Примерный перечень экзаменационных вопросов

1. Экспериментальные основы современной модели строения атома. Планетарная модель атома Резерфорда. Квантовый характер поглощения и излучения энергии атомами. Квантовая модель строения атома водорода по Бору.

2. Корпускулярно-волновые свойства микрообъектов. Уравнение де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Волновая функция. Квантовомеханическая модель строения атома Шредингера.

3. Атомные орбитали. Квантовые числа. Энергия электрона в основном и валентно-возбужденных состояниях атома. *S*-, *p*-, *d*-, *f*- состояния электрона и соответствующие им формы электронных облаков.

4. Многоэлектронные атомы. Квантовые числа и порядок заполнения электронных слоёв и оболочек многоэлектронных атомов: принцип минимума энергии, принцип Паули, правило Хунда.

5. *S*-, *p*-, *d*- и *f*- элементы. Расположение электронных облаков *s*-, *p*- и *d*- орбиталей в пространстве вокруг ядра.

6. Периодический закон Д.И.Менделеева. Периодическая система элементов как естественная классификация элементов по строению внешних электронных оболочек атомов. Структура Периодической системы. Периоды, группы, подгруппы. Полные и неполные электронные аналоги.

7. Периодические свойства атомов: радиус, энергия ионизации, энергия сродства к электрону, электроотрицательность, относительная электроотрицательность (ОЭО). Периодические свойства соединений: состав, строение, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства.

8. Немонотонность изменения свойств элементов в подгруппах – вторичная периодичность. Непериодические свойства атомов. Диагональное сходство элементов в Периодической системе.

9. Причина образования химической связи. Квантовомеханическое описание химической связи в молекуле водорода по Гейтлеру - Лондону. Метод валентных связей. Ковалентная связь. Механизмы образования химической связи: обменный, донорно-акцепторный, дативный.

10. Валентные возможности и степени окисления элементов. Характеристики химической связи: энергия, длина, кратность, полярность. Типы химических связей (σ -, π - и δ - связи). Направленность и насыщенность ковалентной связи. Молекулы с нечетным числом электронов.

11. Гибридизация атомных орбиталей. Теория отталкивания σ - связывающих и неподеленных электронных пар Гиллеспи. Геометрическое строение молекул, ионов и комплексных соединений. Делокализованная π - связь.

12. Полярность молекул и ионов. Диамагнитные и парамагнитные молекулы. Связь магнитного момента с числом неспаренных электронов.

13. Метод молекулярных орбиталей. Основные положения метода молекулярных орбиталей (МО ЛКАО). Связывающие, разрыхляющие и несвязывающие молекулярные орбитали. Качественное описание молекулярных орбиталей двухатомных молекул из элементов первого и второго периодов.

14. Объяснение магнитных свойств молекул и ионов с позиций метода МО ЛКАО. Сопоставление возможностей метода молекулярных орбиталей и метода валентных связей. Изоэлектронные частицы.

15. Газообразное и конденсированные состояния вещества. Валентные и невалентные силы сцепления между атомами, молекулами в твёрдых и жидких веществах.

16. Ионная и металлическая связь. Кристаллические и аморфные вещества. Атомные, металлические, ионные и молекулярные кристаллические решетки. Силы Ван Дер Ваальса (ориентационное, индукционное, дисперсионное взаимодействие). Водородная связь, её проявление в свойствах веществ.

17. Понятие о термодинамической системе. Равновесные и неравновесные химические процессы. Функции состояния. Внутренняя энергия и энтальпия. Термохимия. Экзотермические и эндотермические реакции. Термохимическое уравнение. Изменение энтальпии как характеристики теплового эффекта химической реакции.

18. Закон Гесса и его применение для расчета тепловых эффектов химических реакций. Стандартные условия. Понятие о стандартном состоянии. Стандартные энтальпии образования веществ. Энергии связей в молекулах.

19. Понятие об энтропии. Абсолютная энтропия и строение вещества. Изменение энтропии в ходе химических реакций и различных процессов.

20. Химическое равновесие. Свободная энергия Гиббса. Изменение энергии Гиббса как термодинамический критерий возможности самопроизвольного протекания реакции. Стандартное изменение энергии Гиббса в реакции. Связь стандартного изменения энергии Гиббса с константой равновесия. Расчет констант равновесия. Исходные и равновесные концентрации веществ. Влияние температуры на величину энергии Гиббса, константу равновесия.

21. Обратимые и необратимые химические реакции. Динамический характер химического равновесия. Смещение химического равновесия при внешних воздействиях - принцип Ле Шателье - Брауна и его объяснение с позиций термодинамики. Влияние температуры, давления и концентрации реагентов на химическое равновесие.

22. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость химической реакции. Закон действующих масс. Константа скорости реакции. Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов. Порядок реакции и молекулярность элементарной стадии химической реакции.

23. Влияние температуры на скорость химической реакции. Температурный коэффициент химической реакции. Правило Вант-Гоффа. Зависимость константы скорости от температуры. Энергия активации. Уравнение Аррениуса. Понятие о механизмах химических реакций.

24. Катализ и иницирование реакции. Образование промежуточных соединений при катализе. Гомогенный и гетерогенный катализ. Адсорбция и ее роль в гетерогенном катализе.

25. Растворы как гомогенные системы. Представления Д.И. Менделеева, И.А. Каблукова, В.А. Кистяковского о природе жидких растворов. Гидраты и сольваты. Ненасыщенные, насыщенные и пересыщенные растворы. Способы выражения концентрации растворов в процентах по массе и в единицах молярности.

26. Идеальные и неидеальные растворы. Растворы электролитов. Роль молекул растворителя в процессе распада электролита на ионы. Сильные и слабые электролиты. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Степень диссоциации электролита. Зависимость степени диссоциации электролита от его концентрации (закон разбавления Оствальда).

27. Кислоты, основания, амфотерные гидроксиды, соли с точки зрения теории электролитической диссоциации.

28. Константы диссоциации слабых электролитов. Ступенчатая диссоциация. Концентрационные и термодинамические константы диссоциации.

29. Сильные электролиты. Активности ионов. Ионная сила раствора. Расчет концентраций ионов в растворах сильных электролитов.

30. Электролитическая диссоциация воды. Ионное произведение воды. Водородный показатель. рН как единый параметр описания кислых, нейтральных и щелочных растворов. Кислотно-основные индикаторы.

31. Протолитическая теория кислот и оснований Бренстеда-Лоури. Протолитические равновесия. Амфолиты. Роль растворителя в кислотно-основных взаимодействиях. Кислотные свойства аквакомплексов (аваквокислот). Представления об электронной теории кислот и оснований Льюиса и теории сольвосистем. Представление о теории ЖМКО Басоло – Пирсона.

32. Ионные реакции в растворах. Константы равновесия ионных реакций и их расчет. Смещение ионных равновесий. Расчет равновесных концентраций в кислотно-

основных системах. Материальные балансы в кислотно-основных системах. Мольные доли компонентов равновесных систем.

33. Гидролиз солей и галогенангидридов. Зависимость степени гидролиза и pH раствора от концентрации соли и температуры раствора. Особые случаи гидролиза.

34. Буферные растворы. Соотношение pH буферного раствора и константы диссоциации слабого электролита. Буферная ёмкость. Применение буферных растворов в химической практике. Ацетатный и аммиачный буферные растворы. Образование буферных растворов при протекании ионных реакций.

35. Гетерогенные равновесия. Произведение растворимости. Расчет растворимости малорастворимой соли по величине произведения растворимости. Влияние на растворимость температуры, кислотности раствора, присутствия одноименных ионов, процессов комплексообразования. Перевод в раствор малорастворимых солей.

36. Степени окисления элементов. Окислительно-восстановительные реакции. Наиболее употребляемые окислители и восстановители и их превращения в различных средах. Окислительно-восстановительная двойственность веществ. Реакции самоокисления – самовосстановления (диспропорционирования). Внутримолекулярные окислительно-восстановительные реакции. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций, нахождение стехиометрических коэффициентов с помощью ионно-электронных схем и электронного баланса.

37. Гальванические элементы. Стандартный водородный электрод. Стандартные электродные потенциалы металлов. Ряды стандартных электродных потенциалов металлов (электрохимические ряды напряжения металлов) в кислой и щелочной средах и их применение для решения химических задач.

38. Стандартный окислительно-восстановительный потенциал. Уравнение равновесного окислительно-восстановительного потенциала (уравнение Нернста). Константа равновесия и оценка возможности самопроизвольного протекания окислительно-восстановительной реакции в водных растворах.

39. Влияние на величину окислительно-восстановительного потенциала кислотности раствора, присутствия комплексообразующего реагента, образования малорастворимого соединения.

40. Электролиз растворов и расплавов. Катодный и анодный процессы и общее уравнение реакции электролиза. Перенапряжение выделения веществ при электролизе. Законы Фарадея. Химические источники тока.

41. Электрохимическая коррозия металлов и методы защиты от нее.

42. Определение комплексного соединения. Координационная теория Вернера. Центральная атом (ион)-комплексобразователь, лиганды. Внутренняя и внешняя сферы комплексного соединения. Координационное число. Координационная ёмкость (дентатность) лигандов. Основные типы комплексных соединений: аквокомплексы, ацидокомплексы, гидроксокомплексы, аммиакаты. Номенклатура комплексных соединений.

43. Карбонилы, кластеры, хелаты. Концепция эффективного атомного номера.

44. Геометрическая конфигурация комплексного иона (молекулы) и гибридизация атомных орбиталей центрального атома (иона). Изомерия комплексных соединений.

45. Электролитическая диссоциация комплексных соединений — первичная и вторичная. Равновесия в растворах комплексных соединений: сольватационные, гидратационные, кислотно-основные, реакции замещения, инертные и лабильные комплексные соединения. Закономерность трансвлияния И.И.Черняева.

46. Основные положения теории кристаллического поля. Расщепление энергии *d*-электронов в полях различной симметрии: октаэдрическом, тетраэдрическом, квадратном. Энергия стабилизации полем лигандов. Высоко- и низкоспиновые комплексы. Спектрохимический ряд лигандов. Комплексы сильного и слабого полей, их конфигурации и магнитные свойства.

47. Влияние комплексообразования на протекание обменных и окислительно-восстановительных реакций.
48. Водород. Нахождение в природе. Изотопы водорода. Строение атома и молекулы. Положение водорода в Периодической Системе Д.И. Менделеева. Степени окисления. Физические и химические свойства водорода. Методы получения водорода в промышленности и лаборатории.
49. Водород. Соединения водорода и их свойства. Тяжелая вода. Гидриды, гидрид-ион как лиганд. Применение водорода и его соединений. Водородная энергетика.
50. Литий. Нахождение в природе. Получение металлического лития, его химические свойства и применение. Отношение к кислотам, воде и различным окислителям.
51. Соединения лития с кислородом, азотом и водородом – получение и химические свойства. Малорастворимые соли. Аквокомплекс лития.
52. Натрий, калий, рубидий, цезий. Нахождение в природе. Природные соединения щелочных металлов как сырьё химической промышленности. Получение металлов в свободном состоянии, их химические свойства и применение. Отношение к кислотам, воде. Растворение щелочных металлов в жидком аммиаке.
53. Соединения щелочных металлов с кислородом – оксиды, пероксиды, супероксиды и озониды, получение, химические свойства и применение.
54. Гидриды и гидроксиды щелочных металлов, получение, химические свойства и применение. Важнейшие соли: галогениды, нитраты, карбонаты и гидрокарбонаты, получение и химические свойства. Сода, получение соды по Сольве и Леблану. Поташ. Калийные удобрения. Комплексные соединения щелочных металлов.
55. Медь, серебро, золото. Нахождение в природе. Промышленное получение металлов. Сплавы меди и золота, их свойства и применение. Положение металлов в электрохимическом ряду напряжений. Химические свойства металлов, отношение к кислотам и щелочам, различным окислителям.
56. Соединения меди (I) и меди (II), их химические свойства и применение. Применение аммиаката меди (I) для очистки газов от кислорода. Аммиакат меди (II).
57. Соединения серебра (I) и (II) и их химические свойства. Малорастворимые соединения серебра (I). Комплексные соединения серебра (I). Взаимодействие галогенидов серебра (I) с растворами аммиака, карбоната аммония, тиосульфата натрия. Светочувствительность соединений серебра (I).
58. Комплексные соединения золота (III) и (I), их получение и химические свойства. Комплексные кислоты золота (III). Цианидные комплексы золота (I).
59. Бериллий. Нахождение в природе, получение металлического бериллия. Сплавы бериллия, их свойства и применение. Химические свойства бериллия, отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксид и гидроксид бериллия и их свойства. Акво-, гидроксо-, фторидные комплексы бериллия (II).
60. Магний, кальций, стронций, барий. Нахождение в природе, получение и применение металлического магния. Сплавы магния, их свойства и применение. Отношение магния к кислотам, щелочам, различным окислителям. Использование магния для восстановления элементов из оксидов. Оксид и гидроксид магния, их свойства. Растворение гидроксида магния в солях аммония.
61. Щелочноземельные металлы. Получение и химические свойства металлов. Отношение к воде, кислотам, различным окислителям. Растворение металлов в жидком аммиаке. Взаимодействие металлов с кислородом. Оксиды, пероксиды и гидроксиды, их свойства. Малорастворимые соли: сульфаты, фосфаты, карбонаты, перевод их в раствор.
62. Термическая диссоциация карбонатов. Негашенная и гашеная известь. Жёсткость воды и её устранение.

63. Цинк, кадмий, ртуть. Нахождение в природе, получение металлов, их применение. Нахождение металлов в электрохимическом ряду напряжения. Химические свойства. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Окисление металлической ртути элементарной серой, хлоридом железа (III).

64. Акви-, гидроксо-, аммиачные комплексы цинка (II) и кадмия (II). Соединения ртути (I) и (II). Диспропорционирование солей ртути (I). Концепция инертной ($6s^2$) электронной пары. Взаимодействие солей ртути (II) с раствором аммиака. Амидореакция. Реактив Несслера. Особенности электролитической диссоциации солей ртути (II).

65. Бор. Нахождение в природе, получение, химические свойства. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Бораны (соединения бора с водородом). Трёхцентровые электронодефицитные связи в диборане. Применение боргидридов. Борная и полиборные кислоты, их соли. Мета-, орто-, тетра- бораты. Тетраборат натрия (бура), буферные растворы на его основе. Взаимодействие буры с кислотами и щелочами.

66. Галогениды бора как кислоты Льюиса. Тетрафторобораты. Нитрид бора (эльбор, боразон), его сходство с алмазом и графитом по строению и свойствам.

67. Алюминий. Нахождение в природе. Получение металлического алюминия. Его химические свойства и применение. Аллюминотермия. Сплавы алюминия. Отношение алюминия к кислотам и щелочам, различным окислителям. Оксид и гидроксид алюминия, алюминаты и гидроксокомплексы. Алюминиевые квасцы. Галогениды алюминия как кислоты Льюиса. Гидридоалюминаты, их свойства.

68. Галлий, индий, таллий. Получение металлов, их химические свойства. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксиды и гидроксиды, их химические свойства. Соединения таллия (I) и (III). Малорастворимые соли таллия (I). Окислительные свойства соединений таллия (III).

69. Скандий, иттрий, лантан, актиний, лантаниды и актиниды. Нахождение элементов в природе. Получение металлов и их применение. Отношение металлов к кислотам, щелочам, различным окислителям. Сходство химических свойств скандия (III) и алюминия (III).

70. Лантаниды. Их применение в технике. Характерные степени окисления. Окислительные свойства церия (IV) и восстановительные свойства европия (II).

71. Актиниды. Их применение в технике. Характерные степени окисления. Соединения актинидов в высоких степенях окисления. Роль актинидов как материалов для ядерной техники.

72. Углерод. Нахождение в природе. Аллотропные модификации углерода: алмаз, графит, карбин, фуллерены. Их применение. Углерода как восстановитель и адсорбент. Карбиды и их свойства.

73. Отношение углерода к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксиды углерода. Восстановительные свойства оксида углерода (II). Карбонилы металлов. Угольная кислота, её неустойчивость. Карбонаты. Кальцинированная и питьевая сода.

74. Сероуглерод. Галогениды и оксогалогениды углерода. Соединения углерода с азотом: дициан, циановодородная, циановая, изоциановая, тиоциановая кислоты и их соли. Цианиды и тиоцианаты как лиганды.

75. Кремний. Нахождение в природе. Получение кремния, его химические свойства и применение. Отношение кремния к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксид кремния (IV). Кремневые кислоты и силикаты. Жидкое стекло. Кварцевое и обычное стекло. Аллюмосиликаты и цеолиты. Соединения кремния с галогенами. Гексафторокремневая кислота. Силициды металлов, нитрид кремния.

76. Германий, олово, свинец. Нахождение в природе. Получение и химические свойства. Нахождение металлов в электрохимическом ряду напряжения. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксиды XO и XO_2 , гидроксиды,

гидроксокомплексы. α - и β - оловянные кислоты. Сульфиды и их свойства. Тиосоли олова (IV).

77. Соединения олова (II) как восстановители и соединения свинца (IV) как окислители в кислой и щелочной средах. Свинцовый сурик.

78. Титан, цирконий, гафний. Получение металлов, их свойства и применение. Отношение к кислотам, щелочам и галогенам. Оксиды, гидроксиды, оксогидроксосоединения и их свойства. Старение гидроксидов.

79. Ванадий, ниобий, тантал. Получение, химические свойства, применение в качестве конструкционных материалов. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Оксиды, галогениды, оксогалогениды и соли.

80. Хром, молибден, вольфрам. Нахождение в природе. Получение. Нахождение металлов в электрохимическом ряду напряжения. Применение в качестве конструкционных материалов. Химические свойства, отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Строение и свойства карбониллов.

81. Соединения хрома (II), их восстановительные свойства. Соединения хрома (III), оксид и гидроксид, хромиты и гидроксокомплексы. Окисление соединений хрома (III). Соединения хрома (VI): оксид, хромовая и дихромовая кислоты, хроматы и дихроматы, их получение, химические свойства и взаимные переходы. Окислительные свойства соединений хрома (VI) в кислой и щелочной средах. Пероксохромовые соединения.

82. Устойчивые соединения молибдена (VI) и вольфрама (VI). Молибденовая жидкость как реагент на фосфат – ионы. Гетерополисоединения. Биологическая роль соединений молибдена.

83. Марганец, технеций, рений. Нахождение в природе, получение простых веществ и их свойства. Карбонильные комплексы марганца (0) и рения (0). Оксид и гидроксид марганца (II), их свойства. Окисление соединений марганца (II) в различных средах. Соединения марганца (III).

84. Оксид марганца (IV) (пиролюзит) и его химические свойства, поведение в кислых и щелочных средах. Окислительно – восстановительная двойственность соединений марганца (IV). Соединения марганца (VI), их окислительно – восстановительные свойства и диспропорционирование.

85. Соединения марганца (VII), оксид, марганцевая кислота, перманганаты, получение, химические свойства. Взрывоопасность оксида марганца (VII). Перманганат калия, его окислительные свойства в кислой и щелочной средах, применение. Пиролиз перманганата калия.

86. Железо, кобальт, никель. Нахождение в природе, получение металлов и их свойства. Сплавы железа, кобальта, никеля и их применение. Карбонильные комплексы железа (0), кобальта (0), никеля (0).

87. Железо, кобальт, никель. Нахождение металлов в электрохимическом ряду напряжения, отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Железо (II, III), кобальт (II, III), никель (II, III), их оксиды, гидроксиды.

88. Аммиак, вода, фторид– ион, тиоцианат– ион, цианид– ион как лиганды в комплексах железа (II, III), кобальта (II, III), никеля (II). Условие устойчивости соединений кобальта (II) и (III) в водных растворах. Окислительные свойства соединений железа (III), восстановительные свойства соединений железа (II). Соль Мора. Ферраты. Диметилглиоксимат никеля.

89. Платиновые металлы (рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина).

Нахождение в природе. Положение металлов в электрохимическом ряду напряжения. Применение платиновых металлов и их соединений в современной технике и медицине. Способы перевода платиновых металлов в растворимые соединения. Отношение палладия и платины к царской водке. Роль координационных соединений в химии платиновых металлов.

90. Азот. Нахождение в природе. Получение и применение азота. Химическая инертность молекулярного азота и способы его связывания. Соединения азота с водородом. Аммиак, его химические свойства. Жидкий аммиак как растворитель. Амиды, имида, нитриды. Равновесия в водном растворе аммиака. Восстановительные свойства аммиака и его солей в водных растворах. Аммиак как лиганд. Строение иона аммония. Соли аммония, их поведение при нагревании.

91. Гидразин и гидросиламин. Получение, строение, химические свойства. Соли гидразония и гидросиламмония и их свойства. Применение гидразина и гидросиламина и их солей в качестве восстановителей. Азидоводородная кислота, азиды. Получение, строение, химические свойства.

92. Оксиды азота. Их получение. Оксид азота (I), строение и свойства. Оксид азота (II), строение, парамагнетизм молекулы, химические свойства. Нитрозил-ион как лиганд. Оксид азота (III), термическая устойчивость, химические свойства. Азотистая кислота, нитриты. Окислительно-восстановительная двойственность нитритов. Нитрит-ион как лиганд. Оксид азота (IV), строение, парамагнетизм молекулы. Взаимодействие оксида азота (IV) со щелочами и водой.

93. Оксид азота (V), строение и свойства. Азотная кислота, получение в промышленности. Химические свойства азотной кислоты и нитрат-иона. Свойства смесей азотной кислоты с соляной (царская водка), плавиковой, серной кислотами. Нитраты и их термическая устойчивость. Окислительные свойства нитратов в расплавах.

94. Фосфор. Нахождение в природе. Получение. Аллотропные модификации фосфора и их реакционная способность. Химические свойства, отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Фосфин, его производные, их химические свойства. Фосфорноватистая и фосфористая кислоты, их соли. Получение, строение, основность, восстановительные свойства.

95. Оксид фосфора (V), получение, химические свойства, осушающее действие. Фосфорные кислоты: метафосфорная, дифосфорная, ортофосфорная, их получение, взаимные переходы. Фосфаты, гидролиз фосфатов. Буферные растворы на основе фосфорной кислоты и её солей.

96. Галогениды и оксогалогениды фосфора, их получение, свойства, взаимодействие с водой. Применение фосфора и его соединений. Фосфорные удобрения.

97. Мышьяк, сурьма, висмут. Нахождение в природе. Получение. Положение металлов в электрохимическом ряду напряжения. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Соединения с активными металлами и водородом. Свойства водородных соединений, строение молекул. Оксиды, гидроксиды, галогениды мышьяка(III), сурьмы(III), висмута(III), их химические свойства. Оксогалогениды сурьмы (III) и висмута (III).

98. Соединения мышьяка (V), сурьмы (V): оксиды, гидроксиды, галогениды, их химические свойства. Висмутаты, их получение и окислительные свойства. Сульфиды мышьяка (III, V), сурьмы (III, V). Тиосоли. Сульфид висмута (III).

99. Кислород. Нахождение в природе. Аллотропия кислорода. Строение атома и молекулы кислорода. Физические и химические свойства кислорода и его применение. Получение кислорода в промышленности и лаборатории. Оксиды основные, кислотные и амфотерные. Озон, его получение и химические свойства, строение молекулы. Озониды. Озон в атмосфере.

100. Вода. Аномалия её некоторых физических свойств. Строение молекулы воды. Ассоциация молекул воды. Вода как растворитель. Электролитическая и термическая диссоциация воды. Химические свойства воды. Аквокомплексы и кристаллогидраты. Газовые клатраты на основе воды.

101. Пероксид водорода, его получение, химические свойства и применение. Пероксид водорода как окислитель и восстановитель. Пероксида и пероксокислоты, супероксиды – их получение, химические свойства и применение.

102. Сера. Нахождение в природе, получение элементарной серы. Аллотропия. Химические свойства серы и её применение. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям.

103. Сероводород, его получение и химические свойства. Малорастворимые сульфиды, способы перевода в раствор. Окисление малорастворимых сульфидов азотной кислотой. Полисульфиды, сульфидан (многосернистый водород), их свойства.

104. Оксид серы (IV), его получение в промышленности и лаборатории, химические свойства. Токсичность диоксида серы. Сернистая кислота и её устойчивость. Сульфиты и гидросульфиты, их гидролиз. Сульфит-ион как лиганд. Восстановительные свойства оксида серы (IV), сернистой кислоты, сульфитов. Дитиониты, дитионаты – их химические свойства.

105. Тиосерная кислота и тиосульфат натрия. Тиосульфат натрия как восстановитель и лиганд. Разложение тиосульфата серебра.

107. Оксид серы (VI). Получение, строение молекулы. Серная кислота. Нитрозный и контактный способы получения. Химические свойства серной кислоты. Применение. Дегидратирующее действие концентрированной серной кислоты. Дисерная кислота. Олеум. Пероксосерные кислоты и их соли. Получение и свойства. Галогениды и оксогалогениды серы. Получение, взаимодействие с водой и с растворами щелочей.

108. Селен, теллур. Нахождение в природе, получение. Аллотропия. Отношение к кислотам, щелочам, различным окислителям. Соединения с водородом.

109. Селен, теллур. Оксиды XO_2 и XO_3 . Кислоты на их основе. Орто- и мета- формы теллуровой кислоты. Окислительно – восстановительная двойственность соединений селена (IV) и теллура (IV).

110. Фтор. Нахождение в природе (плавиковый шпат). Получение фтора, его химические свойства и применение. Материалы, устойчивые по отношению к фтору. Взаимодействие фтора с водой, растворами щелочей. Фториды кислорода. Фтороводород, фтороводородная (плавиковая) кислота, химические свойства и применение. Роль водородных связей в свойствах фтороводородной кислоты. Гидрофториды. Фторид – ион как лиганд.

111. Хлор. Нахождение в природе. Получение в промышленности и лаборатории, химические свойства и применение. Хлороводород и хлороводородная (соляная) кислота, получение, химические свойства, применение. Хлорид – ион как лиганд. Взаимодействие хлора с водой (хлорная вода), растворами щелочей, константы равновесия.

112. Соединения хлора с кислородом. Оксид хлора (I), хлорноватистая кислота, гипохлориты, получение, свойства. Диспропорционирование гипохлоритов. Хлорная (белильная известь), её свойства и применение. Оксид хлора (IV). Диспропорционирование в водных и щелочных растворах. Хлористая кислота, хлориты. Хлорноватая кислота, хлораты, химические свойства и применение. Хлорат калия (бертолетова соль) и его окислительные свойства. Хлорат калия как твёрдофазный окислитель. Диспропорционирование хлоратов.

113. Оксиды хлора (VI) и (VII), их взаимодействие с водой. Хлорная кислота и перхлораты, их получение, химические свойства и применение. Взрывоопасность перхлоратов тяжёлых металлов. Сопоставление кислотных и окислительных свойств хлоросодержащих кислот хлора.

114. Бром, иод. Нахождение в природе, получение, химические свойства и применение. Растворимость брома и иода в воде и органических растворителях. Полигалогениды. Поведение брома и иода в воде и щелочных растворах, константы равновесия. Реакция брома и иода с тиосульфатом натрия.

115. Бромоводород, бромоводородная кислота, бромиды. Иодоводород, иодоводородная кислота, иодиды. Получение и химические свойства. Бромид- и иодид- ионы как лиганды.

116. Кислородсодержащие кислоты брома и иода и их соли. Способы получения и химические свойства. Бромоватая и иодоватая кислоты, бромная и иодная кислоты и их соли. Особенности гидратных форм иодной кислоты. Интергалогениды.

117. Благородные газы (гелий, неон, аргон, криптон, ксенон, радон). Нахождение в природе, получение и применение. Особенности строения электронных оболочек атомов благородных газов. Способы получения соединений благородных газов.

118. Оксофториды, оксиды и кислородсодержащие кислоты ксенона. Взаимодействие фторидов ксенона с водой и растворами щелочей. Химические соединения других благородных газов. Применение благородных газов и их соединений.

4. Рекомендуемая литература

а) печатные издания:

- 1 Общая и неорганическая химия: учебник для вузов по направлениям подготовки и спец. химико-технологического профиля / А. Ф. Воробьев, Н. Т. Кузнецов, А. Ю. Цивадзе и др.; под редакцией А. Ф. Воробьева. – Москва: Академкнига, 2004-2007. Т. 2: Химические свойства неорганических веществ. – 2007. – 544 с. – ISBN 5-94628-256-5.
- 2 Неорганическая химия: учебник для вузов по направлению 510500 «Химия» и спец. 011000 «Химия»: в 3-х томах / Под ред. Ю. Д. Третьякова. – Москва: Academia, 2004- . – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 5-7695-1437-X. Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии / М. Е. Тамм, Ю. Д. Третьяков. – 2004. – 233 с. – ISBN 5-7695-1446-9.
- 3 Неорганическая химия: учебник для вузов по направлению 510500 «Химия» и спец. 011000 «Химия»: в 3-х томах / Под ред. Ю. Д. Третьякова. – Москва: Academia, 2004- . – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 5-7695-1437-X. Т. 2: Химия непереходных элементов / А. А. Дроздов, В. П. Зломанов, Г. Н. Мазо, Ф. М. Спиридонов. – 2004. – 366 с. – ISBN 5-7695-1436-1.
- 4 Неорганическая химия: учебник для вузов по направлению 510500 «Химия» и спец. 011000 «Химия»: в 3-х томах / Под ред. Ю. Д. Третьякова. – Москва: Академия, 2004-2007. – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 5-7695-1437-X. Т. 3: Химия переходных элементов: Книга 1 / А. А. Дроздов, В. П. Зломанов, Г. Н. Мазо, Ф. М. Спиридонов. – 2007. – 349 с. – ISBN 5-7695-3020-0 (т.3). – ISBN 5-7695-2532-0 (т.3, кн.1).
- 5 Неорганическая химия: учебник для вузов по направлению 510500 «Химия» и спец. 011000 «Химия»: в 3-х томах / Под ред. Ю. Д. Третьякова. – Москва: Академия, 2004-2007. – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 5-7695-1437-X. Т. 3: Химия переходных элементов: Книга 2 / А. А. Дроздов, В. П. Зломанов, Г. Н. Мазо, Ф. М. Спиридонов. – 2007. – 400 с. – ISBN 5-7695-3020-0 (т.3). – ISBN 5-7695-2533-9 (т.3, кн.2).
- 6 Коровин, Н. В. Общая химия: Учебник для вузов по техн. напр. и спец. / Н. В. Коровин. – 8-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2007. – 557 с. – ISBN 5-06-004403-3.
- 7 Федотов, М. А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии (растворы и жидкости) / М. А. Федотов. – Москва: Физматлит, 2009. – 383 с. – ISBN 978-5-9221-1202-4.
- 8 Пригожин, И. Современная термодинамика: от тепловых двигателей до диссипативных структур / И. Пригожин, Д. Кондепуди; пер. с англ. Ю. А. Данилова, В. В. Белого, под ред. Е. П. Агеева. – Москва: Мир, 2002. – 461 с. – ISBN 5-03-003538-9.

- 9 Башмаков, В.И. Термохимия и элементарные основы химической термодинамики: учебное пособие / В.И. Башмаков, Т.Б. Пахомова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: СПбГИ (ТУ), 2019. – 45 с.
- 10 Панина, Н.С. Электроны в атомах и молекулах. Часть 1. Электроны в атоме: учебное пособие / Н.С. Панина, А.И. Фишер, А.Н. Беляев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: СПбГИ (ТУ), 2016. – 53 с.
- 11 Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия: Учебник / Н.С. Ахметов – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 752 с. – ISBN 978-5-8114-1710-0.
- 12 Башмаков, В.И. Химическое равновесие: учебное пособие / В.И. Башмаков, Т.Б. Пахомова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: СПбГИ (ТУ), 2019. – 42 с
- 13 Электроны в атоме. Основные теоретические положения и контрольные вопросы: учебное пособие / Н.С. Панина [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: СПбГИ (ТУ), 2018. – 63 с.
- 14 Башмаков, В.И. Марганец, технеций, рений: Учебное пособие / В.И. Башмаков, Е.А. Александрова, Т.Б. Пахомова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: СПбГИ(ТУ), 2020. – 35 с.
- 15 Башмаков, В.И. Атомы и их строение: учебное пособие / В.И. Башмаков, Е.А. Александрова, Т.Б. Пахомова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: СПбГИ(ТУ), 2021. – 53 с.

б) электронные издания

1. Башмаков, В.И. Термохимия и элементарные основы химической термодинамики: учебное пособие / В.И. Башмаков, Т.Б. Пахомова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: [б. и.], 2019. – 45 с. // СПбГИ. Электронная библиотека. – URL: [https:// technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Панина, Н.С. Электроны в атомах и молекулах. Часть 1. Электроны в атоме: учебное пособие / Н.С. Панина, А.И. Фишер, А.Н. Беляев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: [б. и.], 2016. – 53 с. // СПбГИ. Электронная библиотека. – URL: [https:// technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия: Учебник / Н.С. Ахметов – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 744 с. – ISBN 978-5-8114-6983-3 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: [https:// e.lanbook.com](https://e.lanbook.com) (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

4. Башмаков, В.И. Химическое равновесие: учебное пособие / В.И. Башмаков, Т.Б. Пахомова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: [б. и.], 2019. – 42 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: [https:// technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения:10.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
5. Электроны в атоме. Основные теоретические положения и контрольные вопросы: учебное пособие / Н.С. Панина [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: [б. и.], 2018. – 63 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https:// technolog.bibliotech.ru> (дата обращения:10.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
6. Башмаков, В.И. Марганец, технеций, рений: учебное пособие / В.И. Башмаков, Е.А. Александрова, Т.Б. Пахомова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), [б. и.], 2020. – 35 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 16.10.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
7. Башмаков, В.И. Атомы и их строение: учебное пособие / В.И. Башмаков, Е.А. Александрова, Т.Б. Пахомова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра неорганической химии. – Санкт-Петербург: [б. и.], 2021. – 53 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 7.12.2021). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Программное обеспечение.

Windows XP Starter Edition. (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), Microsoft Office (Microsoft Excel): Office 2007 Russian OLP NL AE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), Office Std 2013 Rus OLP NL (Контракт № 02(03)15 от 15.01.2015, срок действия -20 лет), LibreOffice (открытая лицензия), стандартные компьютерные программы, находящиеся в свободном доступе, в частности, Mathcad 14. Professional, Microsoft Excel, Image J.

Отечественные ресурсы:

1. Электронно-библиотечная среда для ЭБС и электронных библиотек: <http://bibliotech.ru>;
2. Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета - <http://bibl.lti-gti.ru>
3. Российская государственная библиотека - www.rsl.ru
4. Российская национальная библиотека - www.nlr.ru
5. Библиотека Академии наук - www.rasl.ru
6. Библиотека по естественным наукам РАН - www.benran.ru
7. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) - www.viniti.ru

8. Государственная публичная научно-техническая библиотека - www.gpntb.ru
9. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - elibrary.ru
10. Реферативная база данных научных публикаций Web of Science - webofknowledge.com
11. Электронно-библиотечная система "Лань" <http://e.lanbook.com>
12. Электронные книги для образования: www.biblioclub.ru
13. Аналитическая химия в России: <http://www.rusanalytchem.org>
14. Российский химико-аналитический портал: <http://www.anchem.ru>
15. Химическая информационная сеть ChemNet: <http://www.chem.msu.ru>
16. ВИНТИ РАН: www.viniti.ru
17. Электронная химическая энциклопедия:
<http://www.cnsnb.ru/AKDiL/0048/default.shtm>;

Зарубежные электронные библиотечные ресурсы:

1. Поиск рецензируемых журнальных статей и глав книг: www.sciencedirect.com
2. American Chemical Society (ACS): www.pubs.acs.org (глубина полнотекстового доступа с 1996 года)
3. Полный текст патентов США (с 1790 года): www.uspto.gov
4. Advancing Technology for Humanity: www.ieee.org