

深圳北理莫斯科大学 2025 年硕士研究生入学考试 课目考试大纲

Программы вступительных испытаний для поступающих по программе магистратуры Университета МГУ-ППИ в Шэньчжэне в 2025 году

专业代码及名称 Код и наименование образовательной программы:

04.04.01 «Химия» (направление «Неорганическая химия»)

04.04.01 «Chemistry» (area of specialization «Inorganic chemistry»)

I. 考试课程代码及名称 Код и название предметов экзамена (на
русском, китайском и английском языках)

04.04.01 «Химия»

04.04.01 «Chemistry»

04.04.01 «化学»

1. 考试内容 Содержание экзамена (на русском и английском языках)

(на русском языке)

Неорганическая химия

Структура Периодической системы Д.И. Менделеева и ее связь с электронной структурой атомов, закон Мозли. Периодичность в изменении величин радиусов, энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности атомов в группе и по периоду. Периодичность в изменении свойств простых веществ и основных классов химических соединений (оксиды, гидроксиды, галогениды). Вертикальные, горизонтальные и диагональные аналогии в Периодической системе.

Основные типы химической связи. Характеристики химической связи в молекулах: энергия, длина, валентный угол, порядок (кратность) и полярность. Представление о гибридизации атомных орбиталей. Геометрия многоатомных

молекул: модель Гиллеспи на примере частиц H_2O , SF_4 , ICl_4^- .

Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Метод МО ЛКАО. Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы двухатомных гомоядерных молекул, образованных элементами 1-го и 2-го периодов. Корреляции между порядком связи, энергией ионизации и магнитными свойствами на примере частиц O_2^+ , O_2 , O_2^- , O_2^{2-} .

Основные понятия химии комплексных соединений: центральный атом и его координационное число; лиганды, дентатность, донорный атом, внутренняя и внешняя координационные сферы. Изомерия комплексных соединений. Понятие о классификации комплексных соединений. Хелатный эффект.

Теория кристаллического поля (ТКП). Симметрия d -орбиталей. Изменение энергии d -орбиталей в сферическом, октаэдрическом и тетраэдрическом поле лигандов. Энергия стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП). Влияние на величину энергии расщепления природы центрального атома (заряда, радиуса, электронной конфигурации), природы, числа и расположения лигандов. Спектрохимический ряд.

Окраска и магнитные свойства комплексов. Эффект Яна—Теллера, тетрагональное искажение октаэдрических комплексов. Плоскоквадратные комплексы. Сравнение строения комплексных ионов $[\text{NiCl}_4]^{2-}$ и $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$.

Элементы 1-й группы (Li, Na, K, Rb, Cs). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации и электроотрицательности атомов. Диагональное сходство литий — магний. Получение и сравнение устойчивости соединений Li_2O_2 и Na_2O_2 ; Li_2O и Na_2O .

Элементы 2-й группы (Be, Mg, Ca, Sr, Ba). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации и электроотрицательности атомов. Диагональное сходство бериллий — алюминий. Получение гидроксидов $\text{M}(\text{OH})_2$ и сравнение их кислотно-основных свойств в ряду Be—Mg—Ca—Sr—Ba.

Элементы 13-й группы (B, Al, Ga, In, Tl). Закономерности в изменении электронной конфигурации, размеров атомов, энергии ионизации, сродства к

электрону, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Химические способы разделения соединений алюминия и бериллия. Получение, строение, свойства диборана B_2H_6 .

Элементы 14-й группы (C, Si, Ge, Sn, Pb). Закономерности в изменении электронной конфигурации размеров атомов, энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Кислородные соединения элементов 14-й группы. Сопоставление строения и свойств CO_2 и SiO_2 .

Элементы 15-й группы (N, P, As, Sb, Bi). Закономерности в изменении электронной конфигурации, размеров атомов, энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Сопоставление прочности одинарных ($\text{Э}-\text{Э}$), двойных ($\text{Э}=\text{Э}$) и тройных ($\text{Э}\equiv\text{Э}$) связей. Получение, сопоставление строения и свойств (кислотных, окислительной активности и термической устойчивости) HNO_2 и HNO_3 .

Элементы 16-й группы (O, S, Se, Te, Po). Закономерности в изменении электронной конфигурации, величин радиусов, энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Отличительные свойства кислорода, кратность связи и особенности катенации (образования гомоядерных цепей) в ряду $O-S-Se-Te$. Получение, сопоставление строения и свойств (кислотных, окислительной активности и термической устойчивости) H_2SO_3 и H_2SO_4 .

Элементы 17-й группы (F, Cl, Br, I). Закономерности в изменении электронной конфигурации, величин радиусов, энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности и характерных степеней окисления атомов. Особенности фтора. Межмолекулярные взаимодействия и физические свойства простых веществ. Строение и свойства (термодинамическая устойчивость, окислительные, кислотные свойства) кислот хлора по ряду $Cl(I)-Cl(III)-Cl(V)-Cl(VII)$.

Элементы 4-й группы (Ti, Zr, Hf). Закономерности в изменении

электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Сопоставление строения и свойств одготипных соединений в ряду $\text{Ti(IV)}\text{—Ti(III)}\text{—Ti(II)}$ (оксиды, гидроксиды, галогениды). Комплексные соединения Ti.

Элементы 5-й группы (V, Nb, Ta). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Строение и химические свойства катионных и анионных форм соединений ванадия (V) в водном растворе. Получение и сопоставление окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств соединений $\text{V(II)}\text{—V(III)}\text{—V(IV)}\text{—V(V)}$ в водном растворе.

Элементы 6-й группы (Cr, Mo, W). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства соединений хрома в ряду $\text{Cr(VI)}\text{—Cr(III)}\text{—Cr(II)}$. Получение, сопоставление строения и свойств (кислотных свойств, термодинамической устойчивости и окислительной активности) оксидов ЭO_3 ($\text{Э} = \text{Cr, Mo, W}$).

Элементы 7-й группы (Mn, Tc, Re). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства соединений марганца в ряду $\text{Mn(II)}\text{—Mn(III)}\text{—Mn(IV)}\text{—Mn(VI)}\text{—Mn(VII)}$. Получение, сопоставление строения и свойств (термодинамической устойчивости, кислотно-основных, окислительно-восстановительных) соединений $\text{Mn(VII)}\text{—Tc(VII)}\text{—Re(VII)}$.

3d-элементы 8-й, 9-й и 10-й групп (Fe, Co, Ni). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных

чисел атомов. Кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства гидроксидов $M(OH)_2$ и $M(OH)_3$ в ряду Fe-Co-Ni. Получение и сопоставление свойств (термодинамической устойчивости, кислотно-основных, окислительно-восстановительных) соединений Fe(II), Fe(III) и Fe(VI).

Элементы 11-й группы (Cu, Ag, Au). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации, электроотрицательности, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Термодинамическая устойчивость, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства оксидов и гидроксидов Cu и Ag. Получение, строение и диспропорционирование соединений Cu(I).

Элементы 12-й группы (Zn, Cd, Hg). Закономерности в изменении электронных конфигураций, радиусов, энергии ионизации, электроотрицательности, характерных степеней окисления, координационных чисел атомов. Кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства гидроксидов $M(OH)_2$ в ряду Zn–Cd–Hg. Получение, строение и диспропорционирование соединений Hg_2^{2+} .

Аналитическая химия

Основные характеристики методов химического анализа. Понятие о систематических и случайных погрешностях химического анализа. Статистическая обработка результатов измерений.

Представительная проба. Размер и способы отбора пробы. Подготовка пробы к анализу.

Идеальные и реальные системы. Активность, равновесная и общая концентрации. Термодинамическая и концентрационные константы равновесий.

Кислотно-основное равновесие. Современные представления о кислотах и основаниях. Основные положения кислотно-основных теорий Бренстеда-Лоури и Льюиса. Влияние природы растворителей на силу кислот и оснований. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителей. Буферные растворы и их свойства.

Кислотно-основное титрование. Индикаторы. Определение кислот

(индивидуальных и их смесей) и оснований (индивидуальных и их смесей).

Комплексные соединения. Равновесие комплексообразования и его количественные характеристики. Аналитически важные свойства КС. Применение комплексов в химическом анализе. Комплексонометрическое титрование. Металлохромные индикаторы. Прямое, обратное, вытеснительное и косвенное титрование. Способы повышения селективности комплексонометрического определения элементов.

Окислительно-восстановительные (ОВ) реакции. ОВ электродный потенциал (стандартный, равновесный, формальный), факторы, влияющие на него. Константы равновесия и направление ОВ реакций.

ОВ-титрование. Способы определения конечной точки титрования. Индикаторы. Методы ОВ титрования: дихроматометрия, иодометрия, перманганатометрия.

Гетерогенное равновесие в системе осадок-раствор. Произведение растворимости, растворимость, факторы влияющие на растворимость.

Образование, свойства, условия получения кристаллических и аморфных осадков. Загрязнение осадков и пути его устранения.

Гравиметрический анализ: сущность, преимущества и недостатки метода. Примеры определений.

Методы разделения и концентрирования в химическом анализе. Экстракция.

Хроматографические методы анализа. Классификации методов по разным принципам. Основные хроматографические параметры. Качественный и количественный анализ.

Газовая хроматография. Сорбенты и носители. Механизм разделения. Детекторы. Области применения.

Жидкостная хроматография (ЖХ). Виды ЖХ. Преимущества ВЖХ. Нормально- фазовый и обращенно-фазовый варианты ВЖХ. Подвижные и неподвижные фазы, принципы их выбора. Детекторы. Области применения.

Электрохимические методы анализа: Общая характеристика,

классификация. Прямая потенциометрия и потенциометрическое титрование. Измерение потенциала. Классификация индикаторных электродов. Практическое применение ионометрии.

Кулонометрия и кулонометрическое титрование. Теоретические основы. Практическое применение.

Вольтамперометрия. Характеристики вольтамперной кривой. Современные виды вольтамперометрии, преимущества и ограничения по сравнению с классической полярографией. Амперометрическое титрование.

Спектроскопические методы анализа. Классификация спектроскопических методов по природе частиц, взаимодействующих с излучением, характеру процесса, диапазону электромагнитного излучения.

Атомно-эмисионный и атомно-абсорбционный методы анализа. Источники атомизации и излучения частиц. Физические и химические процессы в атомизаторах. Спектральные и физико-химические помехи, способы их устранения. Аналитические возможности и области применения методов.

Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия). Основной закон светопоглощения. Получение окрашенных соединений, спектрофотометрические реакции. Количественный анализ, анализ многокомпонентных систем, исследование реакций в растворах. Метрологические характеристики и аналитические возможности метода. Примеры практического применения.

Молекулярная люминесцентная спектроскопия. Классификация по источникам возбуждения, механизму и длительности свечения. Флуоресценция и фосфоресценция. Схема Яблонского. Основные закономерности. Факторы, влияющие на интенсивность люминесценции. Тушение люминесценции. Физико-химические и спектральные помехи. Аналитические возможности метода, его метрологические характеристики. Примеры использования.

Органическая химия

Основные функциональные группы и классы органических соединений. Типы изомерии органических соединений. Понятие о конформациях на примере

алканов. Геометрическая изомерия алкенов. Понятие об оптической активности и хиральности с одним асимметрическим атомом углерода. Понятие об энантиомерах и рацематах. R,S- номенклатура. Соединения с двумя хиральными центрами. Понятие о диастереомерах.

Алканы. Методы синтеза алканов. Химические свойства алканов. Механизм цепной радикальной реакции. Крекинг.

Алкены. Методы синтеза алкенов. Гидрирование алкенов. Гидроборирование. Озонолиз алкенов. Окисление алкенов до диолов. Электрофильное присоединение к алкенам. Механизм реакции. Присоединение брома к алкенам. Гидрогалогенирование. Кислотно-катализируемая гидратация алкенов, гидроксимеркурирование. Свободнорадикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харацу. Аллильное бромирование.

Алкины. Методы синтеза алкинов. С-Н-кислотность алкинов. Гидратация алкинов. Ацетилен-алленовая изомеризация. Смещение тройной связи в терминальное положение. Диены. Методы получения диенов. 1,2- и 1,4-присоединение к сопряженным диенам. Реакция Дильса-Альдера.

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах. Механизмы S_N1 и S_N2 . Основные закономерности протекания реакций нуклеофильного замещения. β -Элиминирование. Механизмы элиминирования ($E1$, $E2$). Основные закономерности протекания этих реакций.

Спирты, как слабые О-Н кислоты. Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген. Дегидратация спиртов. Окисление спиртов. Пинакон-пинаколиновая перегруппировка. Простые эфиры. Методы синтеза. Оксираны. Методы получения. Реакции раскрытия эпоксидов под действием электрофильных и нуклеофильных агентов.

Альдегиды и кетоны. Присоединение нуклеофилов к карбонильной группе. Механизм. Восстановление карбонильных соединений. Окисление карбонильных соединений. 1,3-Дитианы. Синтез, СН-кислотность. Кето-енольная таутомерия кетонов, дикетонов и кетозэфиров. Реакции, протекающие через образование енольной формы. Галогенирование

карбонильных соединений. Галоформная реакция. Альдольно- кротоновая конденсация в кислой и щелочной среде. Направленная альдольная конденсация. Сложноэфирная конденсация. Синтезы с использованием ацетоуксусного эфира и малонового эфира.

Карбоновые кислоты. Влияние заместителей на кислотность. Декарбоксилирование. Реакция галогенирования по α -углеродному атому. Производные карбоновых кислот. Галогенангидриды, ангидриды карбоновых кислот, сложные эфиры. Синтез и свойства. Синтез амидов карбоновых кислот. Секстетные перегруппировки. Нитрилы.

Строение бензола. Ароматичность. Правило Хюккеля. Критерии ароматичности (энергетический, структурный, магнитный). Признаки ароматичности (реакционная способность). Свойства алифатической боковой цепи в ароматических углеводородах. Галогенирование толуола и его гомологов в боковую цепь. Окисление боковой цепи. Гидрирование.

Электрофильное замещение в ароматическом ряду. Электрофильные агенты и механизм реакций нитрования, галогенирования, сульфирования, алкилирования и ацилирования аренов по Фриделю-Крафтсу. Ориентация электрофильного замещения. Побочные процессы в реакциях алкилирования. Формилирование. Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду.

Синтез алифатических нитросоединений. Синтез аминов. Свойства аминов. Основность. Защита аминогруппы. Взаимодействие первичных, вторичных и третичных алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой.

Диазо- и азо-соединения. Соли диазония. Диазотирование первичных ароматических аминов. Реакции диазосоединений с выделением азота. Азосочетание. Диазометан.

Фенолы и хиноны. Методы синтеза фенолов. Свойства фенолов. Получение *o*- и *p*-бензохинонов.

Классификация алициклов. Типы напряжения в циклоалканах и конформации. Методы синтеза соединений ряда циклопропана и циклобутана. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез

соединений ряда циклопентана и циклогексана.

Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Методы синтеза пятичленных гетероциклов. Метод Пааля-Кнорра. Электрофильное замещение. Кислотность пиррола. Индол. Синтез индолов по Фишеру.

Шестичленные гетероциклы. Пиридин, ароматичность, основность. Синтез пиридинов. Химические свойства пиридина. Основность. Реакции электрофильного замещения. N-окись пиридина, получение и использование в синтезе. Нуклеофильное замещение в пиридинах. Хиолин.

Аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Химические свойства COOH и NH₂ групп. Важнейшие способы синтеза аминокислот. Методы образования пептидной связи. Защитные группы для amino- и карбоксильных групп, активация карбоксильной группы, синтез пептидов на твёрдом носителе. Белки.

Физическая химия

Первый закон термодинамики и его формулировки. Дифференциальная и интегральная форма 1-го закона. Внутренняя энергия и энтальпия, вычисление их изменения в различных процессах. Теплота и работа для различных процессов в газах.

Термохимия. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры, уравнение Кирхгофа.

Второй закон термодинамики и его формулировки. Энтропия и её свойства. Вычисление изменения энтропии для различных процессов.

Характеристические функции, их определение и свойства. Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции в роли термодинамических потенциалов, условия равновесия, экстремумы и направление самопроизвольных процессов.

Определение фазы, числа компонентов, числа степеней свободы. Условия фазового равновесия. Уравнение фазы (уравнение Гиббса – Дюгема). Правило фаз Гиббса. Химические потенциалы.

Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клаузиуса – Клапейрона.

Диаграмма состояния однокомпонентной системы (на любом примере).

Определение идеального раствора. Выражение для химического потенциала компонента. Закон Рауля. Неидеальные растворы. Метод активностей Льюиса.

Условие химического равновесия. Изотерма химической реакции. Константа равновесия. Зависимость константы равновесия от температуры, уравнение изобары Вант-Гоффа.

Адсорбция. Уравнение Лэнгмюра, его термодинамический вывод и область применения. Вычисление параметров уравнения Лэнгмюра из опытных данных.

Каноническая сумма по состояниям и её свойства. Молекулярная сумма по состояниям и её составляющие. Связь с канонической суммой по состояниям. Вычисление энтропии, внутренней энергии, энтальпии, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса с помощью сумм по состояниям.

Скорость химической реакции. Элементарные и сложные реакции. Основной постулат химической кинетики. Молекулярность и порядок реакции. Константа скорости. Методы определения порядка реакции и константы скорости.

Зависимость константы скорости химической реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и методы её определения.

Теория активных соударений для бимолекулярной реакции, основные понятия и допущения. Уравнение Траутца–Льюиса.

Теория активированного комплекса (переходного состояния). Допущения, используемые при построении теории. Статистический вывод основного уравнения (уравнения Эйринга).

Основные понятия катализа. Основные механизмы каталитических реакций. Активность, селективность и устойчивость катализатора. Число (частота) оборотов катализатора.

Ферментативный катализ. Ферменты как катализаторы, их особенности. Вывод уравнения Михаэлиса – Ментен и определение кинетических параметров из опытных данных. Ингибирование ферментативных реакций.

Растворы электролитов. Активность, коэффициент активности. Теория Дебая – Хюккеля: основные положения и допущения, понятие ионной атмосферы. Первое и второе приближения теории для расчёта коэффициентов активности.

Электропроводность растворов электролитов: удельная, эквивалентная и молярная электропроводности, подвижности отдельных ионов. Зависимость подвижности от концентрации. Закон Кольрауша.

Электрохимический потенциал. Условия равновесия на границе электрода с раствором. Гальванический элемент. Понятие ЭДС. Уравнение Нернста.

Термодинамика гальванического элемента. Применение уравнения Гиббса – Гельмгольца к электрохимическим системам. Определение методом ЭДС изменения энергии Гиббса, энтальпии и энтропии химической реакции.

Коллоидная химия

Дисперсные системы. Поверхностное натяжение. Поверхностно-активные вещества, их влияние на поверхностное натяжение. Адсорбционное уравнение Гиббса.

Смачивание. Уравнение Юнга. Термодинамические условия несмачивания, смачивания и растекания.

Мицеллообразование в водных и неводных средах. Термодинамика мицеллообразования.

Методы получения и факторы стабилизации дисперсных систем.

Реологическое поведение свободно- и связкодисперсных систем. Природа контактов в связнодисперсных системах.

Химические основы жизни

Структура и функции нуклеиновых кислот. Структура и функции белков. Структура и функции биологических мембран.

Генетический код. Репликация ДНК и транскрипция. Основы генетической биоинженерии.

Ферменты как белковые катализаторы. Классификация ферментов. Основные уравнения кинетики ферментативных реакций.

Ферментативный катализ в химии, примеры практического использования ферментов. Лекарственные препараты на основе ферментов и их ингибиторов.

Высокомолекулярные соединения

Особенности строения и свойств высокомолекулярных соединений, отличающих их от низкомолекулярных аналогов. Средние молекулярные массы и кривые молекулярно-массового распределения полимеров.

Особенности строения полимерных молекул: конфигурационная и конформационная изомерия. Явление гибкости макромолекул: причины и механизм. Модели количественного описания гибкости.

Термодинамические и гидродинамические особенности растворов полимеров. Уравнение состояния полимера в растворе. Определение молекулярной массы и размеров макромолекул.

Полиэлектролиты и их классификация, особенности диссоциативного и конформационного поведения. Осмотическое давление растворов полиэлектролитов. Полиамфолиты.

Синтез полимеров по цепному и ступенчатому механизмам. Влияние условий синтеза на скорость реакции, молекулярную массу и стереорегулярность образуемых макромолекул. Сополимеризация.

Химические реакции полимеров. Полимераналогичные превращения, внутри- и межмолекулярные реакции, реакции деструкции.

Механические свойства полимеров. Термомеханический анализ. Природа и механизм высокоэластической и вынужденно-эластической деформаций. Хрупкость стеклообразных полимеров.

Структура кристаллических полимеров. Термодинамика и кинетика кристаллизации, особенности деформационного поведения кристаллических полимеров.

2. Формат проведения экзамена и требования

Экзамен проходит в письменной форме очно. Время на выполнение

экзаменационной работы – 2 астрономических часа.

Кандидаты должны иметь степень не ниже бакалавра в области химии или фундаментального материаловедения и владеть русским языком не ниже сертификата РКИ-4 (для сдающих экзамен на русском языке) или владеть английским языком не ниже сертификата СЕТ-4 (для сдающих экзамен на английском языке).

3. 参考书目Примерный список рекомендуемой литературы

Неорганическая химия

1. М.Е. Тамм, Ю.Д. Третьяков. Неорганическая химия. Т. 1. Физико-химические основы неорганической химии. М.: Изд. центр «Академия», 2004
2. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Под ред. Ю.Д. Третьякова. Неорганическая химия. Т. 2. Химия непереходных элементов. М.: Изд. центр «Академия», 2004.
3. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Под ред. Ю.Д. Третьякова. Неорганическая химия. Т. 3. Химия переходных элементов. Кн. 1. М.: Изд. центр «Академия», 2007.
4. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Под ред. Ю.Д. Третьякова. Неорганическая химия. Т. 3. Химия переходных элементов. Кн. 2. М.: Изд. центр «Академия», 2007.
5. А.В.Шевельков, А.А.Дроздов, М.Е.Тамм. Неорганическая химия. М.:Лаборатория знаний, 2023.
6. Дж. Хьюи. Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность. М.: Химия, 1987.
7. Д. Шрайвер, П. Эткинс. Неорганическая химия. М.: Мир, 2004.

Аналитическая химия

8. Основы аналитической химии. В двух томах /под ред. Ю.А. Золотова/, 4-е изд., М.: Издательский центр «Академия», 2010 384, 416 с. 6-е изд. М.: Издательский центр «Академия», 2014 400, 403 с.

9. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы. /под ред. Ю.А. Золотова/.М.: Лаборатория знаний. 2020 413 с.

Органическая химия

10. О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин, Органическая химия, М., Бином, 1999-2002, т.1–4.

Физическая химия

11. В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская, Н.Е. Кузьменко, В.В. Лунин. Основы физической химии. В 2-х тт. Т. 1. Теория. Т. 2. Задачи – М.: БИНОМ, 2019, 2021

12. Эткинс П., де Паула Дж. «Физическая химия», Мир, 2007

13. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, 2006; КолосС, 2008; СПб.:Лань, 2015.

Коллоидная химия

14. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А., Коллоидная химия. М.: Юрайт. 2021(или более ранние издания).

Высокомолекулярные соединения

15 Высокомолекулярные соединения : учебник и практикум для академического бакалавриата / М. С. Аржаков [и др.] ; под редакцией А. Б. Зезина. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 340 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01322-1.

16 .Киреев, В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 1 : учебник для академического бакалавриата / В. В. Киреев. — Москва : Издательство Юрайт, 2016. — 365 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-7150-7.

Химические основы биологических процессов

17. Д. Нельсон, М. Кокс. Основы биохимии Ленинджера. В 3 томах. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012

18. Д.Г. Кнорре, С.Д. Мызина. Биологическая химия. М.: Высшая школа, 1998

19. С.Д. Варфоломеев. Химическая энзимология. М.: Академия, 2004

II. Образец задания (на русском и английском языках)

**Вступительный экзамен по химии
Программа магистратуры «ХИМИЯ»
Вариант (пример)**

1. Основные понятия химии комплексных соединений: центральный атом и его координационное число; лиганды, дентатность, донорный атом, внутренняя и внешняя координационные сферы. Изомерия комплексных соединений. Теория кристаллического поля (ТКП) – основные положения.

2. Алканы. Методы синтеза алканов. Изомерия и химические свойства алканов.

3. Термохимия. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры, уравнение Кирхгофа.

Экзаменационное задание по химии состоит из трех теоретических вопросов и задачи.

Примеры задач:

1. Рассчитайте изменение энтропии при добавлении 200 г льда с температурой 0°C к 200 г воды (90°C) в термически изолированном сосуде. Теплота плавления льда составляет 6.0 кДж·моль⁻¹, теплоемкость жидкой воды равна 75.3 кДж·К⁻¹·моль⁻¹.

2. Энтальпии сгорания α-глюкозы, β-фруктозы и сахарозы при 25°C равны –2802, –2810 и –5644 кДж·моль⁻¹ соответственно. Рассчитайте величину теплового эффекта гидролиза сахарозы.

3. Скорость реакции, протекающей при 35°C в присутствии катализатора оказалась в $8.4 \cdot 10^7$ раз выше, чем скорость некатализируемой реакции. Рассчитайте энергию активации реакции в отсутствие катализатора, если энергия активации катализируемой реакции составляет 42.5 кДж·моль⁻¹.

4. На основе значений стандартных потенциалов $E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0.771 \text{ В}$ and $E^\circ([\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]/[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]) = 0.36 \text{ В}$ рассчитайте отношение констант устойчивости цианидных комплексов железа при 25°C.

(in English)

Inorganic chemistry

The structure of the Periodic table and its relation to the electronic structure of atoms, Moseley's law. Periodicity of changes in the values of radii, ionization energy, electron affinity, electronegativity of atoms in the group and in the period. Periodicity of changes in properties of simple substances and general classes of chemical compounds (oxides, hydroxides, halides). Vertical, horizontal and diagonal analogies in the Periodic table.

Main types of chemical bonds. Characteristics of chemical bonds in molecules: energy, length, valence angle, order (multiplicity) and polarity. The idea of hybridization of atomic orbitals. The geometry of polyatomic molecules: the Gillespie model on the example of particles H_2O , SF_4 , ICl_4^- .

The main provisions of the method of molecular orbitals (MMO). Method MO LCAO. Two-center two-electron molecular orbitals. Energy diagrams of diatomic homonuclear molecules formed by elements of the 1st and 2nd periods. Correlations between the order of coupling, ionization energy and magnetic properties on the example of particles O_2^+ , O_2 , O_2^- , O_2^{2-} .

Basic concepts of the complex compound's chemistry: the central atom and its coordination number; ligands, denticity, donor atom, internal and external coordination spheres. Isomerism of complex compounds. The concept of classification of complex compounds. Chelate effect.

Crystal field theory (CFT). Symmetry of d-orbitals. Changes in the energy of d-orbitals in the spherical, octahedral and tetrahedral ligand fields. The crystal field stabilization energy (CFSE). Influence of the central atom nature (charge, radius, electronic configuration), nature, number and location of ligands on the value of energy splitting. Spectrochemical series.

Coloring and magnetic properties of complexes. Jahn–Teller effect, tetragonal distortion of octahedral complexes. Square-planar complexes. Comparison of the

structure $[\text{NiCl}_4]^{2-}$ and $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ complex ions.

Elements of 1st group (Li, Na, K, Rb, Cs). Regularities in the change of electronic configurations, values of radii, ionization energy and electronegativity of atoms. Diagonal similarity of lithium — magnesium. Preparation and comparison the stability of compounds Li_2O_2 and Na_2O_2 ; Li_2O and Na_2O .

Elements of 2nd group (Be, Mg, Ca, Sr, Ba). Regularities in the change of electronic configurations, values of radii, ionization energy and electronegativity of atoms. Diagonal similarity beryllium — aluminum. Preparation of hydroxides $\text{M}(\text{OH})_2$ and comparison of their acid-base properties in Be–Mg–Ca–Sr–Ba series.

Elements of 13th group (B, Al, Ga, In, Tl). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Chemical methods of separation of aluminum and beryllium compounds. Preparation, structure, properties of diborane B_2H_6 .

Elements of 14th group (C, Si, Ge, Sn, Pb). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Oxygen compounds of the 14th group. Comparison of the structure and properties of CO_2 and SiO_2

Elements of 15th group (N, P, As, Sb, Bi). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Comparison of strength of single (E–E), double (E=E) and triple (E≡E) bonds. Preparation, comparison of structure and properties (acidic, oxidative activity and thermal stability) HNO_2 and HNO_3 .

Elements of 16th group (O, S, Se, Te, Po). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. The distinctive properties of oxygen, the multiplicity of bonds and features of catenation (forming of homoelements chains) in O–S–Se–Te series. Preparation,

comparison of structure and properties (acidic, oxidative activity and thermal stability) H_2SO_3 and H_2SO_4 .

Elements of 17th group (F, Cl, Br, I). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Fluorine features. Intermolecular interactions and physical properties of simple substances. Structure and properties (thermodynamic stability, oxidative, acidic properties) chlorine acids in series $\text{Cl(I)}\text{—Cl(III)}\text{—Cl(V)}\text{—Cl(VII)}$.

Elements of 4th group (Ti, Zr, Hf). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Comparison of structure and properties of compounds of the same type in series $\text{Ti(IV)}\text{—Ti(III)}\text{—Ti(II)}$ (oxides, hydroxides, halides). Complex compounds of Ti.

Elements of 5th group (V, Nb, Ta). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Structure and chemical properties of cationic and anionic forms of vanadium (V) compounds in aqueous solution. Preparation and comparison of oxidation-reduction and acid - base properties of compounds $\text{V(II)}\text{—V(III)}\text{—V(IV)}\text{—V(V)}$ in aqueous solution.

Elements of 6th group (Cr, Mo, W). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Acid-base, redox properties of chromium compounds in the $\text{Cr(VI)}\text{—Cr(III)}\text{—Cr(II)}$ series. Preparation, comparison of structure and properties (acidic properties, thermodynamic stability and oxidative activity) of EO_3 oxides ($\text{E} = \text{Cr, Mo, W}$).

Elements of 7th group (Mn, Tc, Re). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Acid-base, redox properties of manganese in series $\text{Mn(II)}\text{—Mn(III)}\text{—Mn(IV)}\text{—Mn(VI)}\text{—Mn(VII)}$. Preparation, comparison of structure and properties (thermodynamic stability,

acid-base, redox) of Mn(VII)–Tc(VII)–Re(VII) compounds.

3d-elements of 8th, 9th и 10th groups (Fe, Co, Ni). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Acid-base, redox properties of hydroxides M(OH)₂ and M(OH)₃ in a series of Fe-Co-Ni. Preparation and comparison of properties (thermodynamic stability, acid-base, redox) of compounds Fe(II), Fe(III) and Fe(VI).

Elements of 11th group (Cu, Ag, Au). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Thermodynamic stability, acid-base and redox properties of Cu and Ag oxides and hydroxides. Preparation, structure and disproportion of Cu(I) compounds.

Elements of 12th group (Zn, Cd, Hg). Regularities in changes of the electronic configuration, the size of atoms, ionization energy, electron affinity, electronegativity, characteristic oxidation states and coordination numbers of atoms. Acid-base, redox properties of hydroxides M(OH)₂ in the series Zn–Cd–Hg. Preparation, structure and disproportionation of the Hg₂²⁺ compounds.

Analytical Chemistry

The main characteristics of chemical analysis methods. The concept of systematic and random errors of chemical analysis. Statistical processing of measurement results.

Representative sample. Size and methods of sampling. Sample preparation for analysis.

Ideal and real systems. Activity, equilibrium and total concentration. Thermodynamic and concentration equilibrium constants.

Acid-base balance. Modern ideas about acids and bases. The main provisions of the acid-base theories of Brensted-Lowry and Lewis. Influence of the nature of solvents on the strength of acids and bases. Leveling and differentiating effects of solvents. Buffer solutions and their properties.

Acid-base titration. Indicators. Determination of acids (individual and their mixtures) and bases (individual and their mixtures).

Complex compound. Equilibrium of complex formation and its quantitative characteristics. Analytically important properties of CC. Application of complexes in chemical analysis. Complexometric titration. Metallochromic indicators. Direct, back, displacement and indirect titration. Methods for increasing the selectivity of complexometric determination of elements.

Oxidation-reduction reactions. Redox electrode potential (standard, equilibrium, formal), factors affecting it. Equilibrium constants and the direction of redox reactions.

Redox-titration. Methods for determining the end point of titration. Indicators. Redox-titration methods: dichromatometry, iodometry, permanganatometry.

Heterogeneous equilibrium in the sediment-solution system. Solubility product, solubility, factors affecting solubility.

Formation, properties, conditions of crystal and amorphous precipitation. Contamination of precipitation and ways to eliminate it.

Gravimetric analysis: the essence, advantages and disadvantages of the method. Examples.

Methods of separation and concentration in chemical analysis. Solvent extraction.

Chromatographic methods of analysis. Classification of methods according to different principles. Basic chromatographic parameters. Qualitative and quantitative analysis.

Gas chromatography. Sorbents and carriers. Separation mechanism. Detectors. Application.

Liquid chromatography (LC). The types of LC. Benefits of HPLC. Normal - phase and reversed-phase variants of HPLC. Mobile and stationary phases, principles of their choice. Detectors. Application.

Electrochemical methods of analysis: General characteristics, classification. Direct potentiometry and potentiometric titration. Measuring potential. Classification

of indicator electrodes. Practical application of ionometry.

Coulometry and coulometric titration. Theoretical bases. Practical application.

Voltammetry. Characteristics of the current-voltage curve. Modern types of voltammetry, advantages and limitations in comparison with classical polarography. Amperometric titration.

Spectroscopic methods of analysis. Classification of spectroscopic methods by the nature of particles interacting with radiation, the nature of the process, the range of electromagnetic radiation.

Atomic-emission and atomic-absorption methods of analysis. Sources of atomization and radiation of particles. Physical and chemical processes in atomizers. Spectral and physico-chemical noise, methods of their elimination. Analytical capabilities and applications of methods.

Molecular absorption spectroscopy (spectrophotometry). The basic law of light absorption. Preparation of colored compounds, spectrophotometric reactions. Quantitative analysis, analysis of multicomponent systems, study of reactions in solutions. Metrological characteristics and analytical capabilities of the method. Examples of practical application.

Molecular luminescence spectroscopy. Classification according to the sources, mechanism and duration of glow. Fluorescence and phosphorescence. Scheme Yablonsky. Basic regularity. Factors affecting luminescence intensity. The luminescence quenching. Physico-chemical and spectral interference. Analytical capabilities of the method, its metrological characteristics. Example of use.

Organic Chemistry

The main functional groups and classes of organic compounds. Types of isomerism of organic compounds. The concept of conformations on the example of alkanes. Geometric alkene isomerism. The concept of optical activity and chirality with one asymmetric carbon atom. The concept of enantiomers and racemates. R,S - nomenclature. Connections with two chiral centers. The concept of diastereomers.

Alkanes. Methods of synthesis of alkanes. Chemical properties of alkanes. The

mechanism of a chain radical reaction. Cracking.

Alkenes. Methods of synthesis of alkenes. The hydrogenation of alkenes. Hydroboration. Alkene ozonolysis. Oxidation of alkenes to diols. Electrophilic joining alkaram. Reaction mechanism. Bromine joining the alkenes. Hydrogenation. Acid-catalyzed hydration of alkenes, hydroxymercuration. Free radical reactions: addition of hydrogen bromide by Kharasch. Allyl bromination.

Alkynes. Methods of synthesis of alkynes. C-H-acidity of alkynes. Hydration of alkynes. Acetylene-allene isomerization. The shift of the triple bond in terminal position. Dienes. Methods of obtaining dienes. 1,2 - and 1,4-addition to conjugated dienes. Diels-Alder Reaction.

Reactions of nucleophilic substitution at a saturated carbon atom in the alkyl halides. Mechanisms SN_1 and SN_2 . The main regularities of nucleophilic substitution reactions. β -Elimination. Elimination mechanisms (E1, E2). The main regularities of these reactions.

Alcohols as weak O-H acid. Substitution of hydroxyl group in alcohols for halogen. Dehydration of alcohols. Oxidation of alcohols. Pincon-pinacolada regrouping. Ether. Synthesis method. Oxiranes. Methods of obtaining. Epoxy opening reactions under the action of electrophilic and nucleophilic agents.

Aldehydes and ketones. Addition of nucleophiles to the carbonyl group. Mechanism. Reduction of carbonyl compounds. Oxidation of carbonyl compounds. 1,3-Dithiane. Synthesis, CH-acidity. Keto-enol tautomerism ketones, diketones and ketoesters. Reactions occurring through the formation of the enol form. Halogenation of carbonyl compounds. Haloform reaction. Aldol-conjugated enone condensation in acidic and alkaline medium. Directional aldol condensation. Ester condensation. Syntheses using acetoacetic ester and malonic ester.

Carboxylic acid. Effect of substituents on acidity. Decarboxylation. The reaction of halogenation at the α -carbon atom. Derivatives of carboxylic acids. Halides, anhydrides, carboxylic acids, esters. Synthesis and properties. Synthesis of amides of carboxylic acids. Sextet rearrangements. Nitriles.

Structure of benzene. Aromaticity. Huckel Rule. Criteria of aromaticity (energy,

structural, magnetic). Signs of aromaticity (reactivity). Properties of the aliphatic side chain in aromatic hydrocarbons. Halogenation of toluene and its homologues in the side chain. Oxidation of the side chain. Hydrogenation.

Electrophilic substitution in the aromatic series. Electrophilic agents and reaction mechanism of nitration, halogenation, sulfation, Friedel-Crafts alkylation and acylation of aromatics. Orientation of electrophilic substitution. Side processes in alkylation reactions. Formylation. Nucleophilic substitution in the aromatic series.

Synthesis of aliphatic nitro compounds. Synthesis of amines. Properties of amines. Basicity. Protecting the amino group. Interaction of primary, secondary and tertiary aliphatic and aromatic amines with nitric acid.

Diazo - and azo-compounds. Diazonium salts. Diazotoluene primary aromatic amines. Reactions of diazo compounds with the release of nitrogen. Azo coupling. Diazomethane.

Phenols and quinones. Methods of synthesis of phenols. Properties of phenols. Preparation of o - and p-benzoquinones.

Classification of alicycles. Types of strain in cycloalkanes and conformation. Methods of synthesis of compounds of cyclopropane and cyclobutane. Features of chemical properties of compounds with a three-membered cycle. Synthesis of compounds of cyclopentane and cyclohexane series.

Five-membered heterocycles with one heteroatom. Methods of synthesis of five-membered heterocycles. Paal-Knorr Method. Electrophilic substitution. The acidity of the pyrrole. Indole. Synthesis of indoles by the Fisher.

Six-membered heterocycles. Pyridine, aroma, basicity. The synthesis of pyridines. Chemical properties of pyridine. Basicity. Electrophilic substitution reactions. N-pyridine oxide, preparation and use in synthesis. Nucleophilic substitution in pyridines. Quinoline.

Amino acid. Configuration of natural L-amino acids. Amphoteric, isoelectric point. Chemical properties of COOH and NH₂ groups. The most important methods of amino acid synthesis. Methods of peptide bond formation. Protective groups for amino and carboxyl groups, activation of carboxyl group, synthesis of peptides on a

solid carrier. Proteins.

Physical Chemistry

The first law of thermodynamics and its formulations. Differential and integral form of the 1st law. Internal energy and enthalpy, calculation of their changes in various processes. Heat and work for different processes in gases.

Thermochemistry. The thermal effect of a chemical reaction. Hess's Law. Dependence of the thermal effect of the reaction on temperature, Kirchhoff equation.

The second law of thermodynamics and its formulations. Entropy and its properties. Calculation of entropy change for different processes.

Characteristic functions, their definition and properties. The fundamental equations of Gibbs. The characteristic function in the role of thermodynamic potentials, conditions of equilibrium, the extrema and the direction of spontaneous processes.

Determination of phase, number of components, number of degrees of freedom. The conditions of phase equilibrium. Phase equation (Gibbs–Duhem equation). The Gibbs phase rule. Chemical potential.

Phase transitions of the first kind. Clausius–Clapeyron Equation. The state diagram of a single-component system (in any example).

Determination of the ideal solution. Expression for the chemical potential of a component. Raoult's Law. Non-ideal solutions. Lewis activity method.

The condition of chemical equilibrium. Isotherm of chemical reaction. Equilibrium constant. The dependence of the equilibrium constant on temperature, the isobaric van 't Hoff equation.

Adsorption. Langmuir equation, its thermodynamic derivation and scope. Calculation of Langmuir equation parameters from experimental data.

The canonical sum of States and the properties. The molecular sum of States and its components. The connection with the canonical sum of States. Calculation of entropy, internal energy, enthalpy, Helmholtz energy, and Gibbs energy by state sums.

The rate of chemical reaction. Elementary and complex reactions. The basic

postulate of chemical kinetics. Molecularity and order of reaction. Rate constant. Methods for determining the reaction order and the rate constant.

Dependence of the chemical reaction rate constant on temperature. Arrhenius equation. Activation energy and methods of its determination.

Theory of active collisions for bimolecular reaction, basic concepts and assumptions. The Trautz–Lewis Equation.

Activated complex theory (transition state theory). Assumptions used in the construction of the theory. Statistical derivation of the basic equation.

Basic concepts of catalysis. The main mechanisms of catalytic reactions. Activity, selectivity and stability of the catalyst. The turnover number.

Enzymatic catalysis. Enzymes as catalysts, their features. Derivation of the Michaelis–Menten equation and determination of kinetic parameters from experimental data. Inhibition of enzymatic reactions.

Electrolyte solution. Activity, activity coefficient. Debye–Hückel theory: basic propositions and assumptions, the concept of ionic atmosphere. The first and second approximations of the theory for the calculation of activity coefficients.

Conductivity of electrolyte solutions: specific, equivalent and molar conductivity, mobility of individual ions. Dependence of mobility on concentration. The Kohlrausch's law.

Electrochemical potential. Equilibrium conditions at the electrode-solution boundary. Galvanic cell. The concept of EMF. The Nernst equation.

Thermodynamics of a galvanic cell. Application of the Gibbs – Helmholtz equation to electrochemical systems. Determination of changes in Gibbs energy, enthalpy and entropy of chemical reaction by EMF method.

Interface and colloid science

Disperse system. Surface tension. Surfactants, their effect on surface tension. Gibbs adsorption equation.

Wetting. Young's Equation. Thermodynamic conditions of non-wetting, wetting and spreading.

Micelle formation in aqueous and non-aqueous media. Thermodynamics of micelle formation.

Methods of production and factors of stabilization of disperse systems.

Rheological behavior of disperse systems. Nature of contacts in connective disperse systems.

Chemical bases of life

Structure and functions of nucleic acids. Structure and functions of proteins. Structure and functions of biological membranes.

Genetic code. DNA replication and transcription. Fundamentals of genetic bioengineering.

Enzymes as protein catalysts. Classification of enzymes. Basic equations of kinetics of enzymatic reactions.

Enzymatic catalysis in chemistry, examples of practical use of enzymes. Drugs based on enzymes and their inhibitors.

Polymer Science

Features of the structure and properties of high-molecular compounds that distinguish them from low-molecular analogues. Average molecular weight and curves of molecular weight distribution of polymers.

The structural features of polymer molecules: configurational and conformational isomerism. The phenomenon of flexibility of macromolecules: causes and mechanism. Models of quantitative description of flexibility.

Thermodynamic and hydrodynamic features of polymer solutions. Equation of state of polymer in solution. Determination of molecular weight and size of macromolecules.

Polyelectrolytes and their classification, features of dissociative and conformational behavior. Osmotic pressure of polyelectrolyte solutions. Polyampholytes.

Synthesis of polymers by chain and step mechanisms. Influence of synthesis conditions on reaction rate, molecular weight and stereoregularity of macromolecules

formed. Copolymerization.

Chemical reactions of polymers. Polymeranalogous transformations, intra - and intermolecular reactions, reactions of destruction.

Mechanical properties of polymers. Thermomechanical analysis. Nature and mechanism of highly elastic and forced-elastic deformations. Fragility of glass-like polymers.

Structure of crystalline polymers. Thermodynamics and kinetics of crystallization, especially the deformation behavior of crystalline polymers.

The exam is held in written form in person. The time to complete the examination work is 2 astronomic hours.

Candidates must have at least a bachelor's degree in chemistry or basic materials science and have a minimum RCT-4 certificate in Russian (for those taking the exam in Russian) or a CET-4 certificate in English (for those taking the exam in English).

2. Формат проведения экзамена и требования

Экзамен проходит в письменной форме очно. Время на выполнение экзаменационной работы – 2 астрономических часа.

Кандидаты должны иметь степень не ниже бакалавра в области химии или фундаментального материаловедения и владеть русским языком не ниже сертификата РКИ-4 (для сдающих экзамен на русском языке) или владеть английским языком не ниже сертификата CET-4 (для сдающих экзамен на английском языке).

The exam is held in written form in person. The time to complete the examination

work is 2 astronomic hours.

Candidates must have at least a bachelor's degree in chemistry or basic materials science and have a minimum RCT-4 certificate in Russian (for those taking the exam in Russian) or a CET-4 certificate in English (for those taking the exam in English).

Entrance Examination in Chemistry

“Chemistry” Master's programme

Examination paper (example)

1. Basic concepts of the complex compound's chemistry: the central atom and its coordination number; ligands, denticity, donor atom, internal and external coordination spheres. Isomerism of complex compounds. Crystal field theory (CFT) - basic concepts.

2. Alkanes. Methods of synthesis of alkanes. Isomerism and chemical properties of alkanes.

3. Thermochemistry. The thermal effect of a chemical reaction. Hess's Law. Dependence of the enthalpy of the reaction on temperature, Kirchhoff equation.

Chemistry examination paper consists of three theoretical questions and one task.

Examples of problems:

1. Calculate the change in entropy when 200 g of ice at 0°C are added to 200 g of water (90°C) in an insulated vessel. The heat of melting of ice is 6.0 kJ·mol⁻¹, the heat capacity of liquid water is 75.3 kJ·K⁻¹·mol⁻¹.

2. The enthalpies of combustion of α-glucose, β-fructose and sucrose at 25°C are -2802, -2810 and -5644 kJ/mol, respectively. Calculate the heat of hydrolysis of sucrose.

3. The rate of the reaction proceeding at 35°C in the presence of a catalyst turned out to be $8.4 \cdot 10^7$ times higher than the rate of the non-catalyzed reaction. Calculate the activation energy of the reaction in the absence of a catalyst if the activation energy for the catalyzed reaction is 42.5 kJ/mol.

4. Based on the values of the standard potentials $E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0.771 \text{ V}$ and $E^\circ([\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]/[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]) = 0.36 \text{ V}$, determine the ratio of stability constants of iron cyanide complexes at 25°C.

无机化学

元素周期表的结构以及该周期表与原子电子结构的关系，莫斯利定律。原子团中原子的半径、电离能、电子亲和力和电子引力值在周期内变化的周期性。简单物质和一般类别化合物（氧化物、氢氧化物、卤化物）性质变化的周期性。元素周期表中的垂直、水平和对角线类比。

化学键的主要类型。分子中化学键的特征：能量、长度、价角、有序性（多重性）和极性。原子轨道杂化的概念。多原子分子的几何结构：以粒子 H_2O 、 SF_4 、 ICl_4^- 为例的 Gillespie 模型。

分子轨道方法的主要规定（MMO）。原子轨道的线组成分子轨道法。双中心双电子分子轨道。由第一和第二周期元素形成的双原子同核分子的能量图。以 O_2^+ , O_2 , O_2^- , O_2^{2-} 为例，研究了耦合阶数、电离能和磁性之间的关系。

复杂化合物化学的基本概念：中心原子及其配位数；配体，齿性，给体原子，内外配位球。复杂化合物的分类概念。螯合效应。

晶场理论（CFT）d-轨道的对称性。球形、八面体和四面体配体场中 d 轨道能量的变化。晶体场稳定化能（CFSE）。中心原子性质（电荷、半径、电子构型）、配体的性质、数量和位置对能量分裂值的影响。光谱化学序列。

配合物的着色和磁性。姜 - 特勒效应，八面体配合物的四方畸变。方形平面综合体。 $[\text{NiCl}_4]^{2-}$ 和 $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ 复合离子结构的比较。

第一组元素 (Li, Na, K, Rb, Cs). 原子的电子构型、半径值、电离能和电子负性变化的规律。锂和镁的对角线相似性。化合物 Li_2O_2 和 Na_2O_2 , Li_2O 和 Na_2O 的制备及其稳定性比较。

第二组元素 (Be, Mg, Ca, Sr, Ba). 原子的电子构型、半径值、电离能和电负性变化的规律。元素周期表中对角线类比相似的铍-铝。Be-Mg-Ca-Sr-Ba 系列氢氧化物 $\text{M}(\text{OH})_2$ 的制备及其酸碱性质的比较。

第十三组元素 (B, Al, Ga, In, Tl). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力和电负性、特征氧化态和配位数的变化规律。原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力和电负性、特征氧化态和配位数的变化规律。铝和铍化合物分离的化学方法。乙硼烷 B_2H_6 的制备、结构、性能。

第十四组元素(C, Si, Ge, Sn, Pb). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和配位数的变化规律. 第十四组的含氧化合物。 CO_2 和 SiO_2 结构与性能的比较。

第十五组元素 (N, P, As, Sb, Bi). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和配位数的变化规律。单(E-E)、双($\text{E}=\text{E}$) 和三($\text{E}\equiv\text{E}$) 键强度的比较。 HNO_2 和 HNO_3 的制备、结构和性能（酸性、氧化活性和热稳定性）的比较。

第十六组元素(O, S, Se, Te, Po). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和配位数的变化规律。氧的独特性质、键的多样性以及 O-S-Se-Te 序列中的连锁（形成同元素链）特征。 H_2SO_3 和 H_2SO_4 的制备、结构和性能（酸性、氧化活性和热稳定性）的比较。

第十七组元素(F, Cl, Br, I). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和配位数的变化规律。氟的特性。简单物质的分子间相互作用和物理性质。氯酸的结构和性质（热力学稳定性、氧化性、酸性）序列 $\text{Cl(I)}-\text{Cl(III)}-\text{Cl(V)}-\text{Cl(VII)}$ 。

第四组元素(Ti, Zr, Hf). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和配位数的变化规律。同类型串联化合物的结构与性能比较序列 $\text{Ti(IV)}-\text{Ti(III)}-\text{Ti(II)}$ (氧化物、氢氧化物、卤化物). 钛的络合物。

第五组元素 (V, Nb, Ta). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和配位数的变化规律。水溶液中阳离子和阴离子形式的钒(V)化合物的结构和化学性质。化合物 $\text{V(II)}-\text{V(III)}-\text{V(IV)}-\text{V(V)}$ 的制备及其在水溶液中氧化还原和酸碱性质的比较。

第六组元素 (Cr, Mo, W). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和配位数的变化规律。 $\text{Cr(VI)}-\text{Cr(III)}-\text{Cr(II)}$ 序列中铬化合物的酸碱、氧化还原特性。 EO_3 氧化物 ($\text{E}=\text{Cr, Mo, W}$) 的制备、结构和性能（酸性、热力学稳定性和氧化活性）的比较。

第七组元素(Mn, Tc, Re)原子的.电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和原子配位数的变化规律。串联锰的酸碱、氧化还原特性序列 $\text{Mn(II)}-\text{Mn(III)}-\text{Mn(IV)}-\text{Mn(VI)}-\text{Mn(VII)}$ 。 $\text{Mn(VII)}-\text{Tc(VII)}-\text{Re(VII)}$ 化合物的

制备、结构和性能（热力学稳定性、酸碱性、氧化还原）的比较。

第八, 九, 十组 3d 元素(Fe, Co, Ni). 原子的.电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和原子配位数的变化规律。一系列 Fe-Co-Ni 中氢氧化物 $M(OH)_2$ 、和 $M(OH)_3$ 的酸碱、氧化还原性质。化合物 Fe (II)、Fe (III) 和 Fe (VI) 的制备和性质（热力学稳定性、酸碱性、氧化还原）的比较。

第十一组元素 (Cu, Ag, Au). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和原子配位数的变化规律。铜、银氧化物和氢氧化物的热力学稳定性、酸碱性和氧化还原特性。Cu (I) 化合物的制备、结构和歧化反应。

第十二组元素 (Zn, Cd, Hg). 原子的电子构型、原子大小、电离能、电子亲和力、电负性、特征氧化态和原子配位数的变化规律。 Zn-Cd-Hg 序列中氢氧化物 $M(OH)_2$ 的酸碱、氧化还原性质。 Hg_2^{2+} 化合物的制备、结构和歧化反应。

分析化学

化学分析方法的主要特点。化学分析的系统误差和随机误差的概念。测量结果的统计处理。

代表性样本。采样的大小和方法。用于分析的样品制备。

理想和真实的系统。活性、平衡和总浓度。热力学和浓度平衡常数。

酸碱平衡。关于酸和碱的现代思想。布伦斯特·洛瑞和刘易斯酸碱理论的主要规定。溶剂性质对酸碱强度的影响。溶剂的整平和分化效果。缓冲溶液及其性质。

酸碱滴定法。指标。酸（单独的及其混合物）和碱（单独的其混合物）的测定。

复杂化合物。络合物形成的平衡及其定量特征。CC 的重要分析性质。配合物在化学分析中的应用。络合滴定法。金属变色指示剂。直接滴定、反向滴定、置换滴定和间接滴定。提高元素络合测定选择性的方法。

氧化还原反应。氧化还原电极电势（标准、平衡、形式），影响它的因素。

平衡常数和氧化还原反应的方向。

氧化还原滴定。滴定终点的测定方法。指标。氧化还原滴定法：重铬酸盐法、碘量法、渗透滴定法。

沉积物-溶液系统中的非均匀平衡。溶解度积、溶解度、影响溶解度的因素。

晶体和非晶沉淀的形成、性质、条件。降水污染及消除方法。

重量分析：该方法的本质、优点和缺点。示例。

化学分析中的分离和浓缩方法。溶剂萃取。

色谱分析方法。根据不同的原则对方法进行分类。基本色谱参数。定性和定量分析。

气相色谱法。吸收剂和载体。分离机制。探测器。应用液相色谱法(LC)。液相色谱法(LC)的类型。HPLC 的优点。HPLC 的正相和反相变体。流动相和静止相，它们的选择原则。探测器。应用电化学分析方法：一般特性，分类。直接电位测定法和电位滴定法。测量电势。指示电极的分类。离子测量的实际应用。

库仑法和库仑滴定法。理论基础。实际应用。

伏安法。电流-电压曲线的特性。现代类型的伏安法，与经典极谱法相比的优点和局限性。安培滴定法。

光谱分析方法。根据与辐射相互作用的粒子的性质、过程的性质和电磁辐射的范围对光谱方法进行分类。

原子发射和原子吸收分析方法。粒子的雾化和辐射源。雾化器中的物理和化学过程。光谱和物理化学噪声及其消除方法。分析能力和方法应用。

分子吸收光谱法（分光光度法）。光吸收的基本规律。有色化合物的制备，分光光度反应。定量分析，多组分系统的分析，溶液中反应的研究。该方法的计量特征和分析能力。实际应用示例。

分子发光光谱。根据辉光的来源、机制和持续时间进行分类。荧光和磷光。亚布隆斯基计划。基本规律。影响发光强度的因素。发光猝灭。物理化学和光谱干扰。该方法的分析能力及其计量特性。使用示例。

有机化学

有机化合物的主要功能团和类别。有机化合物的异构类型。构象的概念以烷烃为例。几何烯烃异构。一个不对称碳原子的光学活性和手性的概念。对映体和外消旋体的概念。R-S命名法。与两个手性中心的连接。非对映异构体的概念。

烷烃。烷烃的合成方法。烷烃的化学性质。链式自由基反应的机理。开裂。

烯烃。烯烃的合成方法。烯烃的加氢反应。硼氢化。烯烃臭氧分解。烯烃氧化为二醇。亲电连接碱。反应机制。加入烯烃的溴。氢化。酸催化烯烃水合，羟基汞化。自由基反应：通过过氧化物效应（卡拉施效应）添加溴化氢。烯丙基溴化。

炔烃。炔烃的合成方法。C-H-炔烃的酸度。炔烃的水合作用。乙炔-烯异构化。三键在终端位置的移动。迪恩斯。二烯的获取方法。1,2-和1,4-与共轭二烯的加成。Diels-Alder 反应。

烷基卤化物中饱和碳原子上的亲核取代反应。机制 SN_1 和 SN_2 。亲核取代反应的主要规律。 β -消除。消除机制（E1、E2）。这些反应的主要规律。

醇类为弱 O-H 酸。醇类中羟基取代卤素。醇类的脱水。醇类的氧化。Pinacol 重排。以太币。合成方法。环氧乙烷。获取方法。环氧树脂在亲电和亲核试剂作用下的开环反应。

醛和酮。羰基上亲核试剂的添加。机械装置羰基化合物的还原。羰基化合物的氧化。1,3-二噻烷。合成，CH-acidity 酸度。酮-烯醇互变异构酮、二酮和酮酯。通过形成烯醇形式发生的反应。羰基化合物的卤化。卤代反应。在酸性和碱性介质中的羟醛-共轭烯酮缩合反应。定向羟醛缩合。酯缩合。使用乙酰乙酸酯和丙二酸酯合成。

羧酸。取代基对酸度的影响。脱羧。 α -碳原子上的卤化反应。羧酸衍生物。卤化物、酸酐、羧酸、酯。合成与性能。羧酸酰胺的合成。六重奏重新编排。氮化物。

苯的结构。芳香性。哈克规则。芳香性标准（能量、结构、磁性）。芳香性（反应性）的迹象。芳香烃中脂族侧链的性质。甲苯及其侧链同系物的卤化反应。侧链氧化。氢化。

芳香族中的亲电取代。芳烃的硝化、卤化、硫酸化、傅克烷基化反应, 烷基化和酰化的亲电剂和反应机理。亲电取代的方向。烷基化反应中的副过程。甲酰化。芳香族中的亲核取代。

脂肪族硝基化合物的合成。胺的合成。胺的性质。碱度。保护氨基。伯、仲、叔脂肪胺和芳香胺与硝酸的相互作用。

双偶氮和偶氮化合物。二唑鎓盐。二唑甲苯伯芳香胺。重氮化合物与氮释放的反应。偶氮耦合。重氮甲烷。

酚类和醌类。酚类化合物的合成方法。酚类的性质。邻苯并醌和对苯并醌的制备。

生命周期的分类。环烷烃的菌株类型和构象。环丙烷和环丁烷化合物的合成方法。具有三元环的化合物的化学性质的特征。环戊烷和环己烷系列化合物的合成。

具有一个杂原子的五元杂环。五元杂环的合成方法。帕尔-克诺尔方法。亲电取代。吡咯的酸度。吡啶。吡啶类化合物的费雪合成。

六元杂环。吡啶, 香气, 碱性。吡啶的合成。吡啶的化学性质。碱度。亲电取代反应。N-吡啶氧化物的制备及其在合成中的应用。吡啶中的亲核取代。喹啉。

氨基酸天然 L-氨基酸的构型。两性, 等电点。COOH 和 NH₂ 基团的化学性质。最重要的氨基酸合成方法。肽键形成的方法。氨基和羧基的保护基, 羧基的活化, 在固体载体上合成肽。蛋白质。

物理化学

热力学第一定律及其公式。第一定律的微分和积分形式。内能和焓, 计算它们在各种过程中的变化。气体中不同过程的热量和功。

热化学。化学反应的热效应。赫斯定律。反应的热效应对温度的依赖性, 基尔霍夫方程。

热力学第二定律及其公式。熵及其性质。不同过程的熵变计算。

特征函数及其定义和性质。吉布斯的基本方程。在热力学势、平衡条件、极值和自发过程方向的作用中的特征函数。

相位、部件数量、自由度数量的确定。相平衡的条件。相位方程（吉布斯—杜亥姆 Gibbs-Duhem 方程）。吉布斯相规则。化学势。

第一种相变。克劳修斯-克拉珀龙方程。单个组件系统的状态图（在任何示例中）。

理想溶液的测定。组分化学势的表达式。拉乌尔定律。非理想解决方案。Lewis 活动法。

化学平衡的条件。化学反应的等温线。平衡常数。平衡常数对温度的依赖性，即等压 van't Hoff 方程。

吸附。朗缪尔方程，它的热力学推导和范围。根据实验数据计算朗缪尔（Langmuir）方程参数。

状态和性质的规范和。状态及其组成部分的分子和。与规范状态和的联系。通过状态和计算熵、内能、焓、亥姆霍兹能和吉布斯能。

化学反应的速率。基本反应和复杂反应。化学动力学的基本假设。摩尔数和反应顺序。速率恒定。测定反应级数和速率常数的方法。

化学反应速率常数与温度的关系。阿伦尼斯方程。活化能及其测定方法。

双分子反应的活性碰撞理论，基本概念和假设。阿伦尼乌斯方程（Trautz-Lewis 方程）。

激活复形理论（过渡态理论）。理论构建中使用的假设。基本方程的统计推导。

催化的基本概念。催化反应的主要机理。催化剂的活性、选择性和稳定性。营业额。

酶催化。酶作为催化剂，它们的特点。推导米海利斯-曼恬（Michaelis - Menten）方程并根据实验数据确定动力学参数。抑制酶促反应。

电解质溶液。活度，活度系数。Debye-Hückel 理论：基本命题和假设，离子大气的概念。活度系数计算理论的第一个和第二个近似值。

电解质溶液的电导率：比电导率、当量电导率和摩尔电导率、单个离子的迁移率。流动性对集中度的依赖性。科尔劳施定律。

电化学电位。电极溶液边界的平衡条件。镀锌电池。EMF 的概念。能斯特方程。

原电池的热力学。吉布斯-亥姆霍兹方程在电化学系统中的应用。用电动势(EMF)法测定化学反应的吉布斯能、焓和熵的变化。

界面与胶体科学

分散系统。表面张力。表面活性剂，它们对表面张力的影响。吉布斯吸附方程。

润湿。杨方程。不润湿、润湿和铺展的热力学条件。

在水性和非水性介质中形成胶束。胶束形成的热力学。

分散体系的生产方法和稳定因素。

分散体系的流变行为。连接分散系统中接触的性质。

生命的化学基础

核酸的结构和功能。蛋白质的结构和功能。生物膜的结构和功能。

遗传密码。DNA 复制和转录。基因生物工程基础。

酶作为蛋白质催化剂。酶的分类。酶反应动力学的基本方程。

化学中的酶催化，酶的实际应用实例。基于酶及其抑制剂的药物。

聚合物科学

高分子化合物与低分子类似物的结构和性质特征。聚合物的平均分子量和分子量分布曲线。

聚合物分子的结构特征：构型异构和构象异构。大分子的柔性现象：原因和机理。灵活性的定量描述模型。

聚合物溶液的热力学和流体动力学特征。聚合物在溶液中的状态方程。大分子的分子量和大小的测定。

聚电解质及其分类、离解和构象行为的特征。聚电解质溶液的渗透压力。聚

丙烯酸酯。

通过链和步进机制合成聚合物。合成条件对所形成的大分子的反应速率、分子量和立体规整性的影响。共聚。

聚合物的化学反应。多谱系转化，分子内和分子间反应，破坏反应。

聚合物的机械性能。热机械分析。高弹性和强迫弹性变形的性质和机制。类玻璃聚合物的脆性。

结晶聚合物的结构。结晶的热力学和动力学，特别是结晶聚合物的变形行为。

考试以书面形式进行。完成考试的时间是 2 小时。

考生必须至少拥有化学或基础材料科学学士学位，并至少拥有俄语 RCT-4 证书（以俄语参加考试）或英语 CET-4 证书（以英语参加考试）。

化学入学考试

“化学”硕士课程

试卷（示例）

1. 复杂化合物化学的基本概念：中心原子及其配位数；配体，齿性，给体原子，内外配位球。复杂化合物的异构体。晶体场论 (CFT) - 基本概念。

2. 烷烃。烷烃的合成方法。烷烃的异构体和化学性质。

3. 热化学。化学反应的热效应。赫斯定律。反应焓对温度的依赖性，基尔霍夫方程。

化学试卷由三道理论题和一项任务组成。

问题示例:

1. 计算将 200 g 0°C 下的冰添加到隔热容器中的 200 g 水 (90°C) 中时的熵变化。冰的融化热为 $6.0\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，液态水的热容为 $75.3\text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。 C

2. α -葡萄糖、 β -果糖和蔗糖在 25°C 下的燃烧焓为 -2802 、 -2810 和 -5644kJ/mol 。计算蔗糖的水解热。

3. 在有催化剂的状态下，在 35°C 下进行的反应速率是非催化反应速率的 $8.4 \cdot 10^7$ 倍。如果催化反应的活化能为 42.5kJ/mol ，计算在不存在催化剂的情况下的反应活化能。

4. 根据标准电位的值 $E^{\circ}(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0.771\text{ V}$ 和 $E^{\circ}([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}) = 0.36$ ，确定铁氰化物络合物在 25°C 下的稳定常数比。