

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

**Программа вступительных испытаний в магистратуру  
по направлению**

**04.04.01 Химия**

*Магистерская программа*

*«Теоретическая и экспериментальная химия»*

Москва 2026

## Раздел 1. Общая и неорганическая химия

**Строение вещества и периодический закон Д.И. Менделеева.** Современное представление о строении атома. Квантовые числа и формы электронных орбиталей. Распределение электронов по атомным орбиталям, принцип Паули, правило Хунда. Периодический закон и структура периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Периодические и непериодические свойства.

**Химическая связь.** Природа химической связи. Характеристики химической связи (длина, энергия, направленность, полярность, кратность). Основные типы химической связи. Ковалентная связь. Гибридизация орбиталей при образовании ковалентной связи. Ионная связь и ее характеристики. Водородная связь, ее природа, влияние водородной связи на свойства веществ.

**Основные понятия координационной теории.** Классификация и номенклатура комплексных соединений. Природа химической связи в комплексных соединениях. Диссоциация комплексных соединений в растворе. Константа устойчивости комплексов.

**Основы химической термодинамики.** Основные понятия химической термодинамики. Функции состояния. Внутренняя энергия и энтальпия. Стандартное состояние и стандартные энтальпии образования веществ. Энтальпия химических реакций. Закон Гесса. Энтропия и ее физический смысл. Стандартная энтропия. Зависимость энтропии от природы веществ и температуры. Энергия Гиббса и направление химических процессов. Критерии самопроизвольного протекания химических реакций. Энтальпийный и энтропийный факторы процесса. Химическое равновесие и его основные признаки. Константа химического равновесия и ее связь с энергией Гиббса. Смещение химического равновесия. Скорость химической реакции. ее зависимости от природы веществ, концентрации и температуры. Константа скорости. Уравнение Аррениуса. Энергия активации химической реакции.

**Растворы.** Современные представления о природе растворов. Теория электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты. Степень электролитической диссоциации. Константа диссоциации и ее связь с энергией Гиббса. Закон разбавления Оствальда. Ионное произведение воды, водородный показатель (рН), шкала рН. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Буферные растворы. Равновесие в насыщенных растворах малорастворимых электролитов. Произведение растворимости. Гидролиз солей. Обратимый и необратимый гидролиз. Степень и константа гидролиза. Способы усиления и подавления гидролиза.

**Общая характеристика металлов.** Особенности электронного строения металлов. Физические и химические свойства металлов. Общая характеристика элементов щелочных металлов, меди, бериллия, магния, щелочноземельных металлов, цинка, алюминия, хрома, марганца, элементов триады железа, платиновых металлов. Общая характеристика свойств  $f$ -элементов.

**Общая характеристика неметаллов.** Физические и химические свойства неметаллов. Общая характеристика элементов подгруппы халькогенов, галогенов, благородных газов, элементов 14 и 15 групп. Характеристика кислорода, бора, водорода.

## **Раздел 2. Аналитическая химия**

### **Химический анализ**

Требования к реакциям, используемым для обнаружения и разделения компонентов. Групповые реагенты и систематический анализ, специфические реагенты и дробный анализ. Существующие классификации катионов и анионов.

Гравиметрический метод анализа. Методы определения. Использование реакций осаждения. Требования к форме осаждения и гравиметрической форме. Погрешности в гравиметрическом анализе.

Титриметрические методы анализа. Приемы титриметрических определений: прямое и обратное, косвенное титрование. Виды кривых титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования. Кислотно-основное титрование. Теоретические кривые титрования. Точка эквивалентности и скачок на кривой титрования. Кислотно-основные индикаторы и индикаторные погрешности. Комплексометрическое титрование. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования. Способы определения конечной точки титрования, ред-окс индикаторы. Перманганатометрия. Иодометрия и иодиметрия.

### **Физико-химические методы анализа**

Оптические методы анализа. Классификация спектроскопических методов. Методы атомной оптической спектроскопии. Атомно-эмиссионный метод. Качественный и количественный анализ атомно-эмиссионным методом. Атомно-абсорбционный метод. Сравнение с атомно-эмиссионным методом.

Молекулярная оптическая спектроскопия. Фотометрический и спектрофотометрический анализ. Основные принципы. Закон поглощения Бугера-Ламберта-Бера. Дифференциальный спектрофотометрический анализ. Погрешности в фотометрии.

Флуориметрический анализ. Принцип метода, схема измерения интенсивности флуоресценции. Понятие о турбидиметрии и нефелометрии.

Электрохимические методы анализа. Классификация. Равновесные и неравновесные электрохимические системы. Поляризационные кривые и их использование в электрохимических методах. Кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Сущность методов, области применения. Потенциометрия. Прямая потенциометрия и потенциометрическое титрование. Ионметрия. Ионоселективные электроды.

Потенциометрическое титрование. Изменение электродного потенциала в процессе титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования. Использование реакций кислотно-основных, осаждения, комплексообразования, окисления-восстановления.

Вольтамперометрия. Классификация вольтамперометрических методов.

Полярография. Характеристики вольтамперной кривой - полярограммы. Качественный и количественный полярографический анализ.

Амперометрическое титрование. Сущность метода. Индикаторные электроды. Выбор потенциала индикаторного электрода. Виды кривых титрования.

Кулонометрия и кулонометрическое титрование. Теоретические основы метода. Фарадея. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование.

Хроматографические методы анализа. Основные понятия и термины. Теории хроматографии и размывание пиков. Общие подходы к оптимизации процесса хроматографического разделения веществ. Классификация хроматографических методов. Газо-жидкостная хроматография.

### Раздел 3. Органическая химия

Функциональные группы, классы органических соединений. Природа ковалентной Связи. Электронные Резонансная стабилизация молекул и интермедиатов. Кислоты и основания в органической химии.

Углеводороды. Изомерия, номенклатура, строение. Реакции алканов. Механизм реакций, реакционная способность. Стереоизомерия. оптическая изомерия и оптическая активность соединений. Циклоалканы. Реакции циклоалканов. Особенности реакций малых циклов.

Алкены. Реакции электрофильного присоединения алкенов (реакции  $Ad_E$ ): Правило Марковникова и его объяснение. Свободнорадикальное присоединение галогенов и бромоводорода. Аллильное галогенирование. Гомогенное и гетерогенное гидрирование.

Алкины. Реакции алкинов.  $CN$ -Кислотность. Ацетилениды, строение и свойства. Реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения, их механизмы. Окисление, восстановление, гидрирование алкинов.

Алкадиены и полиены. Алкадиены с сопряженными двойными связями. Реакции 1,3-алкадиенов. Особенности реакции присоединения: 1,2-(прямое) и 1,4-(сопряженное) присоединение. Механизмы реакций, кинетический термодинамический контроль. Перициклические реакции. Циклоприсоединение: циклодимеризация алкенов, реакции Дильса-Альдера.

Ароматические соединения (арены). Ароматический характер бензола. Энергия сопряжения, критерии ароматичности. Реакции электрофильного замещения бензола. Строение  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексов. Влияние заместителей в бензольном кольце на направление и скорость реакций электрофильного замещения.

Понятие о металлорганических соединениях. Характеристика связей углерод-элемент в зависимости от положения элемента в Периодической системе элементов. Реакция Гриньяра и ее механизм. Комплексы переходных металлов. Строение комплексов. Типы превращения комплексов переходных металлов. Их роль в катализе органических реакций.

Галогенпроизводные углеводородов. Реакции нуклеофильного замещения и отщепления. Ароматические галогенопроизводные.

Спирты. Фенолы. Простые эфиры. Эпоксисоединения. Строение, изомерия, номенклатура спиртов. Химические свойства. Образование алкоголятов, их строение и свойства. Основность и нуклеофильность спиртов. Получение сложных эфиров органических и неорганических кислот. Окисление и дегидрирование. Фенолы: строение, изомерия, номенклатура. Кислотность и реакции гидроксигруппы. Реакции алкилирования и ацилирования. Реакции ароматического ядра: галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование. Взаимодействие с формальдегидом. Гидрирование и окисление фенолов. Строение, изомерия, номенклатура простых эфиров. Способы получения. Основность. Реакции расщепления.

Строение, изомерия и номенклатура нитросоединений. Реакции со щелочами. Строение солей. Ароматические нитросоединения. Реакции восстановления. Амины: строение, изомерия, номенклатура. Основность, реакций с кислотами. Алкилирование и ацилирование. Четвертичные аммониевые соли и основания: строение, свойства. Особенности реакций электрофильного замещения в ароматических аминах. Реакции аминов с азотистой кислотой. Диазосоединения.

Альдегиды и кетоны: строение, изомерия, номенклатура. Химические свойства. Основность. Реакции нуклеофильного присоединения. Восстановление до спиртов и углеводородов. Реакции ароматических альдегидов и кетонов с участием

ароматического ядра. Углеводы. Классификация и номенклатура. Строение, конфигурация и конформация. Биологическая функция углеводов.

Строение, изомерия, номенклатура одноосновных карбоновых кислот. Химические свойства. Реакции с нуклеофильными реагентами. Образование галогенангидридов. Восстановление. Реакции декарбоксилирования. Функциональные производные карбоновых кислот. Дикарбоновые кислоты, номенклатура и свойства.

Гетероциклические соединения Классификация. Пятичленные и шестичленные гетероциклические соединения: фуран, пиррол, тиофен, пиридин, хинолин. Пространственное и электронное строение. Ароматичность. Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения.

#### **Раздел 4. Физическая химия**

Первый закон термодинамики. Теплоемкость веществ и ее зависимость от температуры.

Зависимость теплового эффекта реакции от температуры, уравнение Кирхгофа. Второй закон термодинамики. Энтропия как критерий равновесия и направления самопроизвольного процесса в изолированных системах. Постулат Планка. Энергия Гельмгольца и энергия Гиббса как критерии направления и предела протекания процессов. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал компонента системы. Условия равновесия и самопроизвольного протекания процесса в системах переменного состава.

Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константа химического равновесия. Уравнение изотермы химической реакции Вант-Гоффа. Химическое сродство. Влияние температуры на константу химического равновесия. Уравнение изобары и изохоры химической реакции Вант-Гоффа. Методы расчета констант химического равновесия.

Фазовое равновесие. Правило фаз Гиббса. Диаграмма фазовых равновесий для однокомпонентной системы. Тройная и критическая точки. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

Растворы неэлектролитов. Идеальные растворы, закон Рауля. Предельно разбавленные растворы, закон Генри. Неидеальные (реальные) растворы. Положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля. Активность и коэффициент активности. Разбавленные растворы нелетучих веществ в летучих растворителях. Осмос, осмотическое давление.

Диаграммы фазового равновесия в бинарных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Азеотропия. Правило рычага. Термический анализ. Системы с ограниченной и неограниченной растворимостью компонентов в твердой фазе, диаграммы плавкости.

Растворы электролитов. Активности и коэффициенты активности электролита и ионов в растворе. Основные положения электростатической теории сильных электролитов Дебая-Хюккеля, предельный закон Дебая-Хюккеля. Удельная и молярная электрические проводимости, их зависимость от концентрации, температуры и природы растворителя. Предельные молярные электропроводности ионов.

ЭДС и электродные потенциалы. Двойной электрический слой. Электродвижущая сила гальванического элемента. Уравнение Нернста. Электроды первого и второго рода, газовые, окислительно-восстановительные. Уравнение Нернста для потенциала электродов различного вида. Типы гальванических элементов.

Основные понятия химической кинетики: скорость химической реакции, молекулярность, частный и общий порядок реакции. Реакции нулевого, первого и

второго порядков. Дифференциальные и интегральные методы определения порядка реакции. Сложные реакции. Влияние температуры на скорость химической реакции, приближенное правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса в дифференциальной и интегральной форме.

Фотохимические реакции. Механизм активации. Первичные и вторичные фотохимические процессы. Квантовый выход. Цепные реакции, примеры реакций, протекающих по цепному механизму. Особенности и основные стадии цепных реакций. Неразветвленные и разветвленные цепные реакции.

Гомогенный и гетерогенный катализ. Автокатализ. Селективность действия катализатора. Каталитическая активность. Гетерогенный катализ. Скорость гетерогенно-каталитической реакции. Типы гетерогенных катализаторов.

## **Раздел 5. Коллоидная химия**

### **Термодинамика поверхностных явлений**

Классификация дисперсных систем. Общая характеристика поверхностной энергии. Поверхностное натяжение. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Правило фаз Гиббса и дисперсность. Влияние кривизны поверхности на внутреннее давление тел. Капиллярные явления. Влияние дисперсности на растворимость, константу равновесия химической реакции, температуру фазового перехода. Методы получения дисперсных систем. Гомогенная и гетерогенная конденсация.

Природа адсорбционных сил. Адсорбция газов и паров на однородной поверхности. Адсорбция газов и паров на пористых материалах. Классификация пор. Адсорбция на микропористых материалах. Характеристическая кривая адсорбции. Адсорбция поверхностно-активных веществ. Ионообменная адсорбция. Классификация ионитов и методы их получения. Основные физико-химические характеристики ионитов.

### **Электрические явления на поверхности**

Механизмы образования двойного электрического слоя (ДЭС). Уравнения Липпмана. Электрокапиллярные кривые. Теории строения ДЭС. Уравнение Пуассона-Больцмана для диффузной части ДЭС. ДЭС по теории Штерна, перезарядка поверхности.

Электрокинетические явления, электрокинетический потенциал. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для электроосмоса и электрофореза. Поверхностная проводимость, электрофоретическое торможение, релаксационный эффект.

### **Кинетические и оптические свойства дисперсных систем**

Связь скорости осаждения частиц с их размером. Седиментационный анализ полидисперсных систем. Кривые распределения частиц по размерам. Природа броуновского движения. Следствия из теории броуновского движения. Оптические свойства дисперсных систем. Динамическое светорассеяние.

### **Агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем**

Седиментационная и агрегативная устойчивости систем. Лиофильные и лиофобные системы. Критерий лиофильности по Ребиндеру-Щукину. Лиофильные дисперсные системы. Классификация поверхностно-активных веществ (ПАВ). Термодинамика и механизм мицеллообразования. Строение мицелл ПАВ. Солюбилизация. Критическая концентрация мицеллообразования, методы ее определения. Лиофобные дисперсные системы. Факторы устойчивости лиофобных систем. Быстрая и медленная коагуляция. Кинетика коагуляции по Смолуховскому. Зависимость числа частиц разного порядка от времени. Основные положения теории Дерягина, Ландау, Фервея, Овербека (ДЛФО). Расклинивающее давление и его составляющие. Потенциальные кривые взаимодействия частиц. Нейтрализационная и концентрационная коагуляция.

## **Структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем**

Типы структур, образующихся в дисперсных системах. Взаимосвязь между видом потенциальной кривой взаимодействия частиц (по теории ДЛФО) и типом возникающих структур. Коагуляционно-тиксотропные и конденсационно-кристаллизационные структуры.

Реологический метод исследования дисперсных систем. Основные понятия и идеальные законы реологии. Моделирование реологических свойств тел.

Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем. Реологические свойства структурированных жидкообразных и твердообразных систем.

### **Литература**

#### **Основная литература**

1. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия. 2008.
2. Аналитическая химия. Химические методы анализа. Учебник для вузов/ Под ред. О.М. Петрухина, - 2-ое изд. -М.: ООО Путь, ООО ИД АЛЬЯНС, 2006. 400 с.
3. Травень В.Ф. Органическая химия. Т. 1-3. М. Изд-во «БИНОМ», 2013.
4. Вишняков А.В., Кизим Н.Ф. Физическая химия. М.: Химия, 2012, 840 с.
5. Назаров В.В. Коллоидная химия: учеб, пособие / В.В. Назаров. - М.: ДеЛи плюс, 2015. - 250 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Третьяков Ю.Д., Мартыненко Л.И., Григорьев А.Н., Цивадзе А.Ю. Неорганическая химия. М.: Химия. 2006.
2. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: ООО ТИД «Альянс», 2009. 464 с.
3. Марч Дж. Органическая химия. М.; Мир, 1987. Т.1. 381с.; Т.II. 502с.; Т.III. 459с.; Т. IV.464с.
4. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высшая школа, 2009. 479с.