

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.Г. ПЕТРОВСКОГО»

Естественно-географический факультет

Кафедра химии

УТВЕРЖДАЮ:
Врио заведующего
кафедрой химии

_____ В.П. Гамазин
10 марта 2026 г.

**ПРОГРАММА
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

научная специальность (отрасль науки)

1.4.1 – Неорганическая химия

(химические науки)

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 1.4.1 – Неорганическая химия (химические науки) / составитель: кандидат химических наук, доцент С.В. Кузнецов. – Брянск: БГУ, 2026. – 19 с.

- Приказом Министерства образования и науки РФ от 28 марта 2014 г. № 247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня» (с изменениями и дополнениями).

- Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 24 февраля 2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093» (с изменениями на 11 мая 2022 года).

Программа утверждена на заседании кафедры химии от 10 марта 2026 г., протокол № 8.

Составитель

(подпись)

Кузнецов С.В.

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящая программа предназначена для лиц, сдающих кандидатский экзамен по специальной дисциплине по научной специальности 1.4.1 – Неорганическая химия (химические науки).

Цель кандидатского экзамена – установить глубину профессиональных знаний аспиранта (прикреплённого лица), уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Настоящая программа определяет порядок проведения кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с научной специальностью.

Задачи:

1. Выявление способности аспиранта реализовывать научно-исследовательскую деятельность самостоятельно и в составе группы.

2. Оценка знаний аспирантом основных теоретических положений и парадигм современной химической науки.

3. Определение уровня усвоения ведущих навыков и умений в области практической деятельности неорганической химии.

Аспирант (прикреплённое лицо) должен(но):

знать: основные теоретические положения и парадигмы современной химической науки; разнообразие методов современной науки в области неорганической химии.

уметь: самостоятельно выбирать методы физико-химических исследований для решения практических задач по изучению строения и свойств неорганических веществ.

владеть: навыками использования современной химической литературы, современного оборудования для лабораторных химических исследований, выбора и реализации методов изучения состава и свойств неорганических веществ.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Раздел 1. Общая и неорганическая химия

Химические вещества. Смеси. Растворы, классификация. Концентрация раствора. Дисперсные системы, классификация. Коллоидные растворы. Химический состав. Химические реактивы. Простые и сложные вещества.

Химические реакции. Атомно-молекулярные представления в химии. Атом. Химические элементы, их символы. Количественные отношения в химии. Стехиометрия. Химические вещества, элементный состав. Молекулы, атомный состав. Валентность. Атомные и молекулярные массы. А.е.м. Количество вещества. Химические формулы. Уравнения реакций.

Стехиометрические законы и их современное содержание. Эквивалент.

Химическое строение. Изомерия, ее виды. Таутомерия.

Электронные представления в химии. Строение и свойства атома. Понятие о квантовой механике. АО. Квантовые числа. Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева.

Химическая связь. Ковалентная связь, механизмы ее образования, свойства. Строение молекул. Понятие о квантовой химии. Количественные характеристики химических связей. Химическая связь в атомных кристаллах. Межмолекулярные связи. Силы Ван-дер-Ваальса. Водородные связи.

Принципы классификации и номенклатуры в химии. Классификационные схемы и признаки. Обзор классов и номенклатуры неорганических веществ и реакций.

Химические реакции, их классификация и механизмы. Интермедиаты, их строение и реакционная способность. Радикальные и ионные реакции.

Кислоты и основания. Протолиз. Гидролиз. Константа и степень гидролиза.

Окислительно-восстановительные реакции (ОВР). Степень окисления. Окисление и восстановление. Окислители и восстановители. Классификация ОВР. Термодинамика ОВР.

Подготовка выпускной квалификационной работы. Работа с химической литературой. Химический эксперимент, его типы. Синтез и анализ, исследование строения вещества, определение количественных характеристик веществ и химических процессов. Этапы подготовки химического эксперимента, планирование и моделирование, методы, методики, количественные расчеты, учет побочных процессов. Обработка результатов. Оформление лабораторного журнала и публикаций.

Растворы, их роль в химии, технологии и экологии, классификация, компоненты, применимость правила аддитивности, термодинамика образования. Растворимость. Растворение как физико-химический процесс. Сольватация (гидратация) и сольваты (гидраты). Факторы, определяющие растворимость.

Коллигативные свойства растворов. Законы Рауля. Диаграмма состояния воды. Осмос, осмотическое давление. Правило Вант-Гоффа. Обратный осмос. Методы определения молекулярных масс.

Электролиты и растворы электролитов. Электролитическая диссоциация. Изотонический коэффициент. Физико-химическая теория растворов. Диэлектрическая проницаемость растворителя. Степень электролитической диссоциации. Равновесия в растворах электролитов. Кажущаяся степень диссоциации. Активность (Льюис). Коэффициент активности. Понятие о теории Дебая-Хюккеля. Ионная сила.

Протолитические равновесия в растворах слабых электролитов. Закон разбавлений Оствальда. Диссоциация (ионизация) воды (автопротолиз). Ионное произведение воды. Водородный и гидроксильный показатели. Буферные растворы, их действие. Буферная емкость.

Гетерогенные равновесия. Произведение растворимости и растворимость. Солевой эффект. Реакции обмена в растворах электролитов. Правило Бертолле. Разрушение комплексов и растворение осадков.

Комплексные соединения (КС). Координационная теория Вернера. Классификация, номенклатура и изомерия КС. Диссоциация КС в водных растворах. Константы нестойкости и устойчивости. Образование и разрушение КС.

Химическая связь в КС. Координационная связь. Донорно-акцепторная и дативная связь. Строение и свойства комплексов. Спектрохимический ряд лигандов. Теория кристаллического поля. ЭСКП.

Периодическая система элементов Д.И. Менделеева как основа химической систематики. Общие закономерности и аномалии в изменении свойств элементов и их соединений.

Общая характеристика галогенов. Особенности фтора.

p-элементы VI группы периодической системы, общая характеристика. Простые вещества, строение и свойства. Халькогениды, химическая связь. Оксиды и сульфиды. Ангидриды и тиоангидриды. Тиосоли. Пероксосоединения. Полисульфиды.

Кислородсодержащие соединения серы. Сернистая кислота и ее ангидрид, окислительно-восстановительные свойства. Тиосерная кислота и ее соли, строение и свойства. Серные гомоцепи. Катенация. Политионовые кислоты и их соли. Серная кислота и ее ангидрид. Реакции присоединения к серной кислоте. Полисерные кислоты и их соли.

Общая характеристика пниктогенов. Азот, основные валентные состояния, окислительно-восстановительные превращения. Строение молекулы и особенности химии азота. Азот в природе. Физико-химические аспекты проблемы связанного азота. Получение и очистка азота. Сравнение простых веществ, образованных элементами-пниктогенами: строение молекул, реакционная способность.

Фосфор, основные валентные состояния, их устойчивость, окислительно-восстановительные превращения, сравнение с азотом.

Пниктогеноводороды: строение, свойства, комплексообразующее действие. Аммиак и фосфин: устойчивость, кислотнo-основные и окислительно-восстановительные свойства. Соли аммония и фосфония, устойчивость.

Обзор водородных соединений азота. Гидразин, строение, сравнение с пероксидом водорода и аммиаком, кислотность, устойчивость, свойства, производные. Гидроксиламин, сравнение с пероксидом водорода, аммиаком и гидразином, устойчивость, свойства, производные. Азотистоводородная кислота и азиды, строение, устойчивость, свойства.

Кислородные соединения азота, окислительно-восстановительные реакции, комплексы. Азотистая кислота и ее соли, строение, окислительно-восстановительная двойственность. Азотная кислота и ее соли, характер восстановления.

Соединения фосфора, их устойчивость. Оксиды фосфора. Фосфорноватистая кислота и гипофосфиты. Фосфористая кислота, таутомерия, производные. Фосфорные кислоты и их производные.

Кислородсодержащие соединения мышьяка, сурьмы и висмута, оксо- и гидроксоформы. Соединения мышьяка, сурьмы и висмута с серой и галогенами, гидролиз. Тиосоли.

p-элементы IV группы периодической системы, общая характеристика. Простые вещества, строение и свойства. Особенности химии углерода. Углеродные гомоцепи. Представление о специфике органической химии. Оксиды

углерода, строение молекул, свойства. Угольная кислота и ее соли. Временная жесткость воды.

Особенности химии кремния, сравнение с углеродом. Силаны и алканы, сравнение устойчивости, отношение к воде, окислительно-восстановительные свойства. Кремниевый ангидрид, сравнение с угольным, свойства. Кремниевые кислоты и их соли. Силикаты и карбонаты, особенности гидролиза. Золи и гели кремниевых кислот. Силикагель. Кремний в природе. Алумосиликаты. Цеолиты. Цемент. Стекла. Кремнийорганические соединения. Силанолы. Силоксаны. Силиконы.

p-элементы III группы периодической системы, общая характеристика, сравнение с PЗЭ. Бор, координационные числа, особенности их стабилизации. Соединения бора с водородом, галогенами и кислородом. Борный ангидрид, борные кислоты и их производные, сравнение с аналогичными соединениями кремния. Бура: состав, строение, гидролиз. Применение соединений бора в химическом анализе. Особенности качественного и количественного анализа соединений бора.

Алюминий. Оксид алюминия и его роль. Кислотно-основные свойства соединений алюминия. Гидролиз солей. Многоядерные комплексы. Гелеобразование, сравнение с соединениями кремния. Алюминий в природе.

s-элементы, общая характеристика, диагональное сходство, химическая связь в соединениях. Комплексообразование. Разделение, выделение и очистка соединений, химический анализ. Жесткость воды, определение, способы устранения.

Особенности строения атомов переходных элементов, сравнение с непереходными. Изменение атомных радиусов и свойств в рядах и подгруппах переходных элементов. d- и f-сжатие. Комплексообразующая способность переходных элементов. Закономерности в изменении характерных степеней окисления переходных элементов в рядах и подгруппах, основные тенденции. Изменение устойчивости, окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств кислородных соединений переходных элементов и их производных.

Хром, комплексные соединения. Гидратная изомерия. Изо- и гетерополисоединения d-элементов VI группы периодической системы. Пероксосоединения хрома. Аналитические реакции d-элементов VI группы периодической системы.

Железо, кобальт, никель, общая характеристика, сравнение с платиноидами. Толкование горизонтальных аналогий. Основные валентные состояния железа, кобальта и никеля, взаимные переходы между ними. Комплексные соединения, их значение, координационные числа, строение, сравнительная устойчивость, образование и разрушение, окислительно-восстановительные превращения и смена лигандного окружения, аналитические реакции.

d-элементы I группы периодической системы, общая характеристика, сравнение со щелочными металлами. Простые вещества, электрохимическая активность, свойства, применение. Переработка природного сырья. Основные валентные состояния, взаимные переходы между ними.

Соединения одновалентных меди, серебра и золота, устойчивость, комплексы, строение, свойства. Аналитические реакции на альдегиды: реакции Фелинга и серебряного зеркала. Соединения меди (II), сравнение с соединениями меди (I). Комплексные соединения, строение, свойства. Эффект Яна-Теллера. Аналитические реакции. Иодометрическое определение меди в водных растворах. Серебро. Серебрение. Переработка серебряных отходов. Золото, принципы металлургии.

d-элементы II группы периодической системы, общая характеристика. Положение в периодической системе, сравнение со щелочноземельными металлами, валентные состояния, химическая связь в соединениях. Простые вещества, электрохимическая активность, свойства, применение. Амальгамы. Токсикология цинка, кадмия и ртути. Техника безопасности при работе с цинком, кадмием, ртутью и их соединениями. Экологические проблемы загрязнения окружающей среды соединениями тяжелых металлов. Геохимическая характеристика цинка, кадмия и ртути. Разделение, выделение и очистка металлов.

Цинк. Оксид и гидроксид, кислотнo-основные свойства. Соли цинка, гидролиз. Цинкаты. Комплексные соединения цинка, строение, свойства. Аналитическая химия цинка. Кадмий, химические соединения, химическая связь. Оксид и гидроксид, кислотнo-основные свойства, сравнение с соединениями цинка. Разделение цинка и кадмия в разных объектах. Комплексные соединения кадмия, строение, сравнение с соединениями цинка. Автокомплексообразование. Аналитическая химия кадмия.

Ртуть. Валентные состояния ртути, взаимные переходы между ними, особенности строения соединений, природа химической связи. Оксид ртути, химические особенности. Соли ртути (I) и (II). Сулема. Каломель. Комплексные соединения ртути, координационные числа, сравнение с соединениями цинка и кадмия. Амидные производные ртути. Основание Миллона. Реакция Несслера.

Раздел 2. Аналитическая химия

Химические, физико-химические, физические, биологические методы анализа. Классификация методов и их сравнительная характеристика.

Молекулярная абсорбционная спектроскопия. Поглощение света веществом. Величины, характеризующие поглощение. Оценка чувствительности фотометрической реакции. Способы определения содержания вещества.

Хроматография. Основные принципы метода. Расшифровка хроматограммы. Качественный и количественный газохроматографический анализ. Эффективность и селективность хроматографического разделения.

Равновесие в системе «кислота – сопряженное основание – растворитель». Константы кислотности и основности. Кислотно-основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислот и оснований.

Реакции комплексообразования. Количественные характеристики комплексных соединений: константы устойчивости (ступенчатые и общие),

функция образования, функция закомплексованности, степень образования комплекса.

Окислительно-восстановительные реакции. Стандартный и формальный потенциалы. Связь константы равновесия со стандартными потенциалами. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций.

Кислотно-основное титрование. Вид кривых титрования. Определение конечной точки титрования. Кислотно-основные индикаторы, их характеристика. Выбор индикатора. Возможности и ограничения метода.

Комплексоны и их использование в анализе. Хелатный эффект. Понятие эффективных констант устойчивости комплексов. Металл-индикаторы, механизм их действия. Возможности и ограничения комплексометрического титрования.

Окислительно-восстановительное титрование. Примеры использования окислительно-восстановительных методов в анализе органических и неорганических веществ. Red-Ox-индикаторы, их характеристика.

Методы титриметрического анализа. Классификация методов. Виды титриметрических определений: прямое, обратное, титрование заместителя. Виды кривых титрования. Способы фиксирования конечной точки титрования. Погрешности титрования.

Раздел 3. Физическая и коллоидная химия. Строение вещества и основы квантовой химии

Химическая термодинамика. Основные понятия и определения, применяемые в химической термодинамике. Состояние системы и функции, его характеризующие. Начала термодинамики. Термодинамические потенциалы системы. Стандартные энтальпии и энтропии химических веществ. Термодинамические таблицы. Свободная энергия и направление химической реакции. Расчет энергии Гиббса (ΔG) химической реакции. Методы изучения равновесий. Закон действующих масс. Законы смещения равновесия. Понятие фазового равновесия. Фазовые равновесия в одно- и двухкомпонентных системах. Диаграммы состояния.

Учение о растворах. Образование растворов. Термодинамическое описание свойств растворов. Равновесие жидкого раствора с насыщенным паром. Перегонка. Экстракция из растворов. Равновесие жидких растворов с газами и твердыми веществами. Твердые растворы. Диаграмма состояния «соль – вода». Системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов. Коллоидные растворы. Растворы высокомолекулярных соединений. Растворы электролитов. Классическая теория электролитической диссоциации. Ион-дипольные и ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов. Описание термодинамических свойств растворов электролитов. Неравновесные явления в растворах электролитов. Подвижность ионов. Основы электрохимической термодинамики. Равновесия в электрохимической системе. Равновесие «электрод – раствор». Электродные потенциалы. ЭДС гальванических элементов. Мембранный потенциал. Возникновение двойного электрического слоя на границе «электрод – раствор». Основные модельные представления о строении д.э.с.

Поверхностные явления и адсорбция. Поверхностное натяжение. Поверхностные свойства растворов. Адсорбция на твердой поверхности. Изотермы адсорбции. Природа адсорбционных явлений. Практическое применение адсорбции. Хроматография.

Химическая кинетика. Скорости химических реакций. Объяснение законов скоростей. Сложные реакции. Механизм химической реакции. Быстрые реакции. Лимитирующая стадия. Формально-кинетическая модель, ее основные параметры. Факторы, влияющие на скорость реакции. Энергия активации. Динамика молекулярных реакций. Регулирование скоростей реакций. Катализ и катализаторы. Гомогенный и гетерогенный катализ. Типы катализаторов и каталитических систем. Основные представления о природе каталитического действия.

Реакции в конденсированных средах. Кинетика процессов, контролируемых диффузией. Кинетика реакций в жидкой фазе. Гетерогенные реакции. Процессы на твердых поверхностях. Рост и структура поверхностей. Адсорбция на поверхностях. Каталитическая активность на поверхностях. Процессы на электродах. Электрохимические процессы. Гальванические и топливные элементы. Коррозия металлов.

Свободная поверхностная энергия поверхности раздела фаз. Взаимосвязь свободной поверхностной энергии и молекулярных взаимодействий в конденсированной фазе. Капиллярные явления. Строение адсорбционных слоев поверхностно-активных веществ (ПАВ); Электроповерхностные явления в дисперсных системах. Лиофильные и лиофобные дисперсные системы, их свойства и применение. Устойчивость дисперсных систем. Основы физико-химической механики. Коллоидно-химические основы охраны природы.

Основы современной теории химического строения. Квантовые состояния молекул. Симметрия молекулярных систем, их электрические и магнитные свойства. Межмолекулярные взаимодействия. Строение конденсированных фаз (жидкостей, аморфных веществ, мезофаз, кристаллов), их поверхностей и границ раздела. Основные постулаты и математический аппарат квантовой механики. Приближенные методы решения квантово-механических задач. Основные положения квантовой химии. Неэмпирические и полуэмпирические методы изучения электронного строения атомов и молекул, качественная теория реакционной способности.

Раздел 4. Органическая химия с основами биологической химии и химии высокомолекулярных соединений

Явление гомологии. Гомологические ряды. Закономерности изменения физических и химических свойств в гомологических рядах.

Структурные фрагменты молекулы в классических структурных моделях: атомы и связи, радикалы и функциональные группы, скелет и заместители. Типы скелетов: гомо- и гетероцепные, линейные, разветвленные, циклические и полициклические.

Изомерия и ее виды: скелетная, положения заместителя, положения гетероатома (метамерия), геометрическая, оптическая.

Геометрические характеристики органических молекул. Линейные, плоские, тетраэдрические фрагменты. Длины связей и валентные углы. Конформационная подвижность органических молекул.

Принципы классификации и номенклатуры органических соединений. Основные классы. Особенности физических и химических свойств веществ разных классов.

Электронное строение органических молекул. Модель Льюиса. Особенности строения электронных оболочек: неподеленные пары, лакуны, неспаренные электроны.

Квантовохимические модели. Электронные облака и электронные орбитали. Орбитальные модели атомов-органогенов. Понятие о гибридизации АО.

Орбитальные модели простых и кратных связей. Модель гибридизации АО, типы гибридизации для атомов-органогенов.

Сопряжение в органических молекулах. Типы сопряжения. Ароматичность, правило Хюккеля.

Распределение электронной плотности и локальные электрические заряды в органических молекулах, их связь с реакционной способностью. Электронные эффекты (индуктивные и мезомерные) в молекулах.

Механизмы органических реакций. Элементарные акты и интермедиаты. Условия образования свободно-радикальных, электрофильных и нуклеофильных частиц.

Свободнорадикальные механизмы в органических реакциях. Образование и устойчивость свободных радикалов. Субстраты радикальных реакций.

Электрофильные механизмы в органических реакциях. Образование и устойчивость электрофильных частиц. Субстраты электрофильных реакций.

Нуклеофильные механизмы в органических реакциях. Образование и устойчивость нуклеофильных частиц. Субстраты нуклеофильных реакций.

Катализ в органических реакциях. Типы катализаторов и каталитических реакций в органической химии и нефтехимии.

Алканы, алкены, алкадиены, алкины. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия. Анализ реакционной способности. Способы получения. Физические и химические свойства. Способы получения. Распространение и применение.

Ароматические углеводороды. Строение бензола, ароматичность. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия. Анализ реакционной способности. Физические и химические свойства. Правило ориентации. Распространение и применение.

Одноатомные спирты и многоатомные спирты. Номенклатура, изомерия. Анализ реакционной способности. Способы получения. Физические и химические свойства. Распространение и применение.

Фенолы. Классификация, номенклатура, изомерия. Взаимное влияние атомов в молекуле на примере фенола. Номенклатура, изомерия. Анализ реакционной способности. Физические и химические свойства. Распространение и применение.

Альдегиды и кетоны. Номенклатура, изомерия. Анализ реакционной способности. Физические и химические свойства. Способы получения. Распространение и применение.

Монокарбоновые и дикарбоновые кислоты. Классификация. Номенклатура, изомерия. Способы получения. Анализ реакционной способности. Физические и химические свойства. Распространение и применение.

Углеводороды. Классификация. Альдопентозы (рибоза, дезоксирибоза, ксилоза, арабиноза), альдогексозы (глюкоза, галактоза, манноза), кетогексозы (фруктоза). Изомерия моносахаридов. Распространение и применение. Энергетические диаграммы распада углеводов в организме.

Дисахариды (мальтоза, лактоза, целлобиоза, сахароза). Полисахариды (крахмал и целлюлоза). Строение, свойства, практическое значение.

Амины. Классификация. Номенклатура, изомерия. Анализ реакционной способности. Способы получения. Физические и химические свойства, специфические реакции.

Аминокислоты. Классификация. Номенклатура, изомерия. Анализ реакционной способности. Физические и химические свойства, специфические реакции. Распространение и применение.

Белки, ферменты.

Нитро- и нитрозо- и азо соединения. Способы получения. Анализ реакционной способности. Физические и химические свойства, применение.

Пятичленные и шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом (пиррол, фуран, тиофен). Строение, ароматичность. Способы получения. Химические свойства и практическое значение.

Особенности молекулярного строения высокомолекулярных соединений. Важнейшие отличительные свойства полимеров. Роль полимеров в живой природе и их применение в народном хозяйстве.

Конфигурация и конфигурационная изомерия макромолекул виниловых, винилиденовых и диеновых полимеров. Стереорегулярные полимеры. Оптически активные полимеры.

Конформация и конформационная изомерия макромолекул. Факторы, от которых зависит гибкость полимерных цепей.

Основные методы получения синтетических полимеров. Классы мономеров, вступающих в полимеризацию.

Природа растворов высокомолекулярных соединений. Применение правила фаз Гиббса, фазовые диаграммы. Особенности растворов полимеров. Набухание.

Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Физические состояния аморфных полимеров. Термомеханический метод исследования полимеров. Основы выбора условий их эксплуатации и переработки.

Раздел 5. Химическая технология, техногенные системы и экологический риск

Химическое производство как сложная система, сырье и энергоресурсы в химической промышленности, фундаментальные критерии эффективности их использования, комплексное использование сырья, энерготехнологические схемы.

Макроскопическая теория физико-химических явлений как теоретическая база химической технологии.

Механические, тепловые, массообменные и химические реакционные процессы. Роль материалов в химической технологии; анализ технологических схем важнейших химических производств. Проблема безопасного развития общества.

Окружающая среда как система, природные и антропогенные воздействия на человека и окружающую среду. Основные направления и методы борьбы с загрязнением окружающей среды. Место химической науки в концепции устойчивого развития. Принципы обеспечения безопасности человека и окружающей среды. Правовые основы обеспечения экологической безопасности.

Раздел 6. Физические и физико-химические методы исследования

Характеристика и классификация методов. Теоретические основы масс-спектрометрических и спектроскопических методов. Проблемы получения и регистрации спектров. Методы определения электрических дипольных моментов молекул. Геометрия молекул и веществ. Методы электронной, колебательной и вращательной спектроскопии. Магнето-химические и электрооптические методы.

Резонансные методы. Предмет и задачи кристаллохимии, кристаллическая структура и способы ее моделирования. Основы рентгеноструктурного анализа.

Группы симметрии и структурные классы. Общая кристаллохимия (типы химических связей в кристаллах, систематика кристаллических структур, шаровые упаковки и кладки, кристаллохимические радиусы атомов, изоморфизм и полиморфизм). Избранные главы систематической кристаллохимии (простые вещества, бинарные и тернарные соединения, силикаты, органические вещества).

Электрохимические методы анализа. Классификация методов и их краткая характеристика.

Потенциометрический метод анализа. Измерение потенциала. Электрохимическая ячейка. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Классификация потенциометрических методов, их характеристика.

Ионометрия. Классификация ионселективных электродов. Возникновение потенциала на стеклянном электроде. Методы определения концентрации ионов.

Потенциометрическое титрование. Изменение электродного потенциала в процессе титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования.

Кондуктометрический метод анализа. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Области применения метода.

Кулонометрические методы анализа. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Расчет количества вещества. Области применения, преимущества и ограничения метода.

Вольтамперометрия. Классификация вольтамперометрических методов. Качественный и количественный вольтамперометрический анализ. Методы определения концентрации вещества.

Оптические методы анализа. Классификация методов. Спектры атомов. Характеристики спектральных линий: положение в спектре, интенсивность, полуширина. Спектры молекул. Особенности молекулярных спектров.

Эмиссионный спектральный анализ. Качественный и количественный анализ. Области применения, достоинства и недостатки метода.

Атомно-абсорбционный метод. Основы метода, способы получения поглощающего слоя атомов. Источники излучения. Возможности, преимущества и ограничения метода.

Раздел 7. Методика преподавания химии

Принципы обучения и методики преподавания химии. Формирование творческого химического мышления. Системный подход к определению содержания обучения. Построение курса химии на основе переноса системы науки на систему обучения и на основе системного представления предмета химии (химический процесс и вещество). Компьютеризация обучения. Оценка и диагностика качества знаний. Педагогический эксперимент в преподавании химии.

3. ВОПРОСЫ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

1. Азотная, азотистая кислоты и их соли: получение, свойства и окислительно-восстановительная способность.

2. Виды электрохимического анализа.

3. Вода – строение молекулы и структура жидкого состояния. Структура льда, клатраты. Пероксид водорода, его получение, строение и окислительно-восстановительные свойства.

4. Водород. Особое положение водорода в Периодической системе. Методы получения водорода. Физико-химические свойства водорода. Гидриды и их классификация. Окислительно-восстановительные свойства водорода.

5. Гидриды элементов группы VA: получение, строение молекул, свойства. Соли аммония. Жидкий аммиак как растворитель.

6. Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов: атомных и ионных радиусов, потенциала ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности.

7. Кислородные соединения галогенов. Особенности оксидов хлора. Кислородсодержащие кислоты галогенов и их соли. Сопоставление силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот галогенов.

8. Кислородные соединения фосфора: оксиды, кислоты и их соли. Сравнение свойств кислот фосфора в разных степенях окисления.

9. Кислородсодержащие кислоты галогенов и их соли. Кислородные соединения галогенов.

10. Кислоты и основания. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Сопряженные кислоты и основания. Гидролиз.

11. Классификация методов анализа на основе измеряемого свойства.

12. Классификация методов анализа на основе измеряемого свойства. Электрохимические методы анализа.

13. Коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов.

Изотонический коэффициент. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.

14. Межмолекулярное взаимодействие – ориентационное, индукционное и дисперсионное. Водородная связь, ее природа.

15. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее физический смысл, уравнение Больцмана.

16. Основные законы светопоглощения Бугера. Объединенный закон светопоглощения Бугера-Ламберта-Беера-Бернара. Ультрафиолетовая-, инфракрасная- и видимая спектрофотометрия.

17. Основные положения метода валентных связей (МВС). Гибридизация орбиталей. Направленность, насыщаемость и поляризуемость ковалентной связи.

18. Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Энергетические диаграммы МО гомоядерных и гетероядерных двухатомных молекул.

19. Основные понятия координационной теории. Классификация, номенклатура, изомерия комплексных соединений.

20. Особенности химии бериллия, магния и радия. Сходство химии бериллия и лития. Применение бериллия, щелочно-земельных металлов и их соединений.

21. Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений – оксидов, гидроксидов, гидридов, галогенидов, сульфидов, карбидов, нитридов и боридов.

22. Положение d-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность d-элементов к комплексообразованию.

23. Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди p-элементов. Закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах.

24. Понятие о природе химической связи. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность. Основные типы химической связи.

25. Произведение растворимости. Динамическое равновесие в насыщенных растворах малорастворимых сильных электролитов и факторы, его смещающие.

26. Распределение электронов по АО. Принцип минимума энергии. Принцип Паули. Атомные термы, правило Хунда.

27. Семейство железа: получение и физико-химические свойства железа, кобальта и никеля. Оксиды и гидроксиды, галогениды и сульфиды.

28. Сильные и слабые электролиты. Зависимость степени электролитической диссоциации от концентрации, температуры, природы растворителя, посторонних электролитов.

29. Сравнение свойств хромовой, молибденовой и вольфрамовой кислот и их солей.

30. Стандартное состояние и стандартные теплоты химических реакций. Теплота и энтальпия образования. Закон Гесса.

31. Теория электролитической диссоциации. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Водородный показатель рН, шкала рН.
32. Теория электролитической диссоциации. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Водородный показатель рН, шкала рН.
33. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Первый закон термодинамики.
34. Ультрафиолетовая-, инфракрасная- и видимая спектрофотометрия.
35. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе.
36. Электрохимические методы анализа.
37. Электрохимические анализа методы, электрохимическая цепь, происходящие в ней электрохимические процессы и их потенциальная информативность. Виды электрохимического анализа.
38. Элементы группы ІВ. Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и галогениды. Изменение в устойчивости степеней окисления элементов в группе. Применение меди, серебра и золота.
39. Элементы группы VIIA. Общая характеристика группы. Особенности химии фтора и астата. Окислительные свойства галогенов. Взаимодействие галогенов с водой.
40. Элементы группы VIIB. Общая характеристика группы. Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства
41. Элементы группы VIB. Общая характеристика группы. Оксиды, галогениды и сульфиды.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

Основная литература

1. Баян, Е. М. Комплексные соединения: синтез, свойства, применение: учебное пособие: [16+] / Е. М. Баян, И. В. Рыбальченко, Е. С. Медведева; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2021. – 116 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683917>. – Библиогр.: с. 112-113. – ISBN 978-5-9275-3766-2. – Текст: электронный.
2. Мифтахова, Н. Ш. Общая и неорганическая химия: теория и практика: учебное пособие: [16+] / Н. Ш. Мифтахова, Т. П. Петрова; Казанский национальный исследовательский технологический институт. – 2-е изд., испр. и доп. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2019. – 336 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683799>. – Библиогр.: с. 284-285. – ISBN 978-5-7882-2651-4. – Текст: электронный.
3. Пятанова, П. А. Неорганическая химия и химия комплексных соединений: практикум: [16+] / П. А. Пятанова, Д. С. Платонова. – Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (ОмГУ), 2019. – 52 с. –

Режим доступа: по подписке. – URL:
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=614068>. – ISBN 978-5-7779-2388-2. –
Текст: электронный.

Дополнительная литература

1. Гиллеспи Р, Харгиттай И. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки и строение молекул. – М.: Мир, 1992.
2. Джонсон Д. Термодинамические аспекты неорганической химии. – М.: Мир, 1985.
3. Драго А. Физические методы в химии. Т. 1, 2. – М.: Мир, 1981.
4. Карапетьянц, М. Х., Дракин, С.И. Строение вещества. М.: Высш. шк., 1978.
5. Костромина, Н. А., Кумок, В. Н., Скорик, Н. А. Химия координационных соединений. – М.: Высш. шк., 1990.
6. Кукушкин, Ю. Н. Химия координационных соединений. – М.: Высш. шк., 2001.
7. Некрасов, Б. В. Основы общей химии. Т. 1, 2. – М.: Химия, 1972 – 1973.
8. Пиментел Дж., Кунрод Дж. Возможности химии сегодня и завтра. – М.: Мир, 1992.
9. Полторац, О. И., Ковба, Л. М. Физико-химические основы неорганической химии. М.: Изд-во МГУ, 1984.
10. Спицын, В. И., Мартыненко, Л. И. Неорганическая химия. Т. 1, 2. – М.: Изд-во МГУ, 1991, 1994.
11. Турова, Н. Я. Неорганическая химия в таблицах. – М.: ВХК РАН, 1999.
12. Угай, Я. А. Общая и неорганическая химия. – М.: Высш. шк., 2001.
13. Уэллс А. Структурная неорганическая химия. Т. 1–3. – М.: Мир, 1987.

Периодические издания

1. Журнал неорганической химии.
2. Журнал прикладной химии.
3. Ученые записки БГУ. – Брянск: РИО БГУ.

Интернет-ресурсы

1. <https://urait.ru/book/termodinamika-neobratimyh-processov-i-nelineynaya-dinamika-455051>
2. <https://urait.ru/book/fizicheskaya-i-kolloidnaya-himiya-v-2-ch-chast-1-fizicheskaya-himiya-454488>
3. <https://urait.ru/book/hromatograficheskiy-adsorbcionnyy-analiz-453896>
4. <https://urait.ru/book/elektrohimiya-metodika-issledovaniya-kinetiki-elektrodnyh-processov-454846>
5. <https://urait.ru/book/elektrohimicheskie-metody-analiza-laboratornyy-praktikum-454727>
6. <https://urait.ru/book/analiticheskaya-himiya-i-fiziko-himicheskie-metody-analiza-449690>
7. <https://urait.ru/book/neorganicheskaya-himiya-radioaktivnye-elementy-452507>

8. <https://urait.ru/book/obschaya-i-neorganicheskaya-himiya-v-2-ch-chast-2-himiya-elementov-453889>
9. <https://urait.ru/book/himiya-v-2-ch-chast-1-obschaya-i-neorganicheskaya-himiya-452738>
10. <https://urait.ru/book/obschaya-i-neorganicheskaya-himiya-v-2-ch-chast-2-himiya-elementov-453889>
11. <https://urait.ru/book/neorganicheskaya-himiya-voprosy-i-zadachi-454248>
12. <https://urait.ru/book/obschaya-i-neorganicheskaya-himiya-voprosy-i-zadachi-455150>
13. <https://urait.ru/book/neorganicheskaya-himiya-radioaktivnye-elementy-452507>
14. https://urait.ru/search?words=неорганическая+химия&bqt%5B0%5D=vo&posob_type_id%5B0%5D=1&page=2
15. <https://urait.ru/book/elektrohimiya-metodika-issledovaniya-kinetiki-elektrodnyh-processov-454846>
16. <https://urait.ru/book/metody-issledovaniya-materialov-i-processov-454192>

5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Кандидатский экзамен проводится по билетам. Для подготовки ответа экзаменуемый использует экзаменационные листы.

На каждого экзаменуемого заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные членами комиссии.

Экзаменационные билеты должны включать три вопроса в соответствии с разделами программы кандидатского экзамена и один вопрос в соответствии с разделами дополнительной программы.

Уровень знаний оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка	Описание критериев оценки
«ОТЛИЧНО»	<ul style="list-style-type: none"> – грамотно использована научная терминология; – четко сформулирована проблема, доказательно аргументированы выдвигаемые тезисы; – указаны основные точки зрения, принятые в научной литературе по рассматриваемому вопросу; – аргументирована собственная позиция или точка зрения, обозначены наиболее значимые в данной области научно-исследовательские проблемы; – умение проводить междисциплинарные связи, связывая теоретические положения сообщения с профессиональной деятельностью.

Оценка	Описание критериев оценки
«хорошо»	<ul style="list-style-type: none"> – применяется научная терминология, но при этом допущена ошибка или неточность в определениях, понятиях; – проблема сформулирована, в целом доказательно аргументированы выдвигаемые тезисы; – имеются недостатки в аргументации, допущены фактические или терминологические неточности, которые не носят существенного характера; – высказано представление о возможных научно-исследовательских проблемах в данной области; – аргументирована собственная позиция или точка зрения, обозначены наиболее значимые в данной области научно-исследовательские проблемы.
«удовлетворительно»	<ul style="list-style-type: none"> – названы и определены лишь некоторые основания, признаки, характеристики рассматриваемой проблемы; – допущены существенные терминологические неточности; – имеются существенные недостатки в аргументации, допущены фактические или терминологические неточности; – не высказано представление о возможных научно-исследовательских проблемах в данной области; – частично аргументирована собственная позиция или точка зрения, обозначены наиболее значимые в данной области научно-исследовательские проблемы.
«неудовлетворительно»	<ul style="list-style-type: none"> – отмечается отсутствие знания терминологии, научных оснований, признаков, характеристик рассматриваемой проблемы; – не представлена собственная точка зрения по данному вопросу.

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ ПРОГРАММЫ
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

1. Разработана:

Составитель _____ /Кузнецов С.В./
(подпись)

10 марта 2026 г.

2. Утверждена кафедрой химии

Протокол № 8 от 10 марта 2026 г.

Врио заведующего кафедрой _____ /Гамазин В.П./
(подпись)

3. Согласовано

Руководитель программы аспирантуры _____ /Кузнецов С.В./
(подпись)

10 марта 2026 г.

4. Согласовано

Врио заведующего кафедрой _____ /Гамазин В.П./
(подпись)

10 марта 2026 г.