

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный университет»

Рабданов М.

«29» 01 2026 г.



ПРОГРАММА

вступительного экзамена

по научной специальности 1.4.2. Аналитическая химия

Уровень образования – Подготовка научных и научно-педагогических
кадров в аспирантуре

Махачкала 2026 г.

Программа составлена в 2025 году в соответствии с требованиями Федеральных государственных требований (ФГТ) к программе по подготовке кадров высшей квалификации (аспирантура) по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021г. № 951.

Разработчик: научный руководитель образовательной программы по подготовке кадров высшей квалификации (аспирантура) по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, к.х.н., доцент, декан химического факультета Бабуев М.А.

Программа одобрена:
на заседании Совета химического факультета 26.12.2025 г., протокол №4.

Декан ХФ


(подпись)

Бабуев М.А.

на заседании методической комиссии химического факультета 17.12.2025 г., протокол №4.

Председатель


(подпись)

Гасангаджиева У.Г.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы аналитической химии.

ЦЕЛЬ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

Цель вступительного экзамена - установить глубину профессиональных знаний соискателя и степень подготовленности к самостоятельному проведению научных исследований по избранной специальности.

Вступительный экзамен в аспирантуру включает фундаментальные теоретически и практически значимые вопросы по базовым дисциплинам подготовки специалистов и магистров. Экзамен проводится в устной форме по билетам.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Оценка знаний, поступающих в аспирантуру, производится по пятибалльной шкале:

Оценка «Отлично»:

– выставляется за обстоятельный, полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно- следственные связи. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию соискателя.

Оценка «Хорошо»:

– выставляется за правильные, полные, развернутые ответы на поставленные вопросы, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответы изложены литературным языком в терминах науки. В ответе допущены недочеты, исправленные соискателем самостоятельно в процессе ответа.

Оценка «Удовлетворительно»:

– выставляется при полном, но недостаточно последовательном ответе на поставленные вопросы, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки, допущены 1-2 ошибки в определении основных понятий, которые соискатель затрудняется исправить самостоятельно.

Оценка «Неудовлетворительно»:

– дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Соискатель не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы членов комиссии не приводят к коррекции ответа соискателя не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

Направление подготовки **04.06.01 «Химические науки»**

Специальность: **1.4.2. Аналитическая химия**

ВВЕДЕНИЕ

Предмет аналитической химии, её структура. Задачи и методы аналитической химии, их классификация. Классификация аналитических реакций. Характеристики аналитических реакций. Значение аналитической химии в науке, экономике и т.д. Аналитическая классификация ионов, методы идентификации, используемые реакции. Дробный и систематический ход анализа.

МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ

Методы разделения и концентрирования. Константы распределения, коэффициент распределения, степень извлечения. Фактор разделения. Коэффициент концентрирования.

Методы осаждения. Концентрирование элементов методом осаждения. Концентрирование микроэлементов соосаждением на неорганических и органических носителях (коллекторах).

Экстракция. Теоретические основы. Классификация экстракционных систем. Факторы, влияющие на селективное разделение элементов. Концентрирование микроэлементов экстракционным методом.

Сорбционные методы разделения и концентрирования. Механизм действия сорбентов. Виды сорбентов. Модифицированные сорбенты. Хелатные сорбенты. Применение сорбентов для разделения и концентрирования в анализе реальных объектов.

РАВНОВЕСИЕ В РАСТВОРАХ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ. КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ.

Метрологические основы химического анализа. Способы обеспечения достоверности измерений, погрешности анализа, их классификация. Статистическая обработка результатов измерений. Основные характеристики метода анализа: правильность, воспроизводимость, чувствительность, предел обнаружения. Способы оценки правильности анализа. Стандартные образцы.

Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса и Бренстеда-Лоури. Равновесие в системе кислота – сопряженное основание и растворитель. Нивелирующий и дифференцирующий эффект растворителя. Кислотно-основное равновесие в многокомпонентных системах. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость.

Методы титриметрического анализа. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое и обратное, косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент. Молярная масса эквивалента. Первичные стандарты, требования к ним. Фиксаналы. Вторичные стандарты. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования. Влияние величины констант кислотности или основности, концен-

трации кислот или оснований, температуры на характер кривых титрования. Кислотно-основные индикаторы.

РАВНОВЕСИЕ В ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ТИТРОВАНИЕ

Окислительно-восстановительные реакции. Направление реакций, факторы, влияющие на потенциал реакций. Стандартный и формальный потенциалы. Константа равновесия, его связь со стандартным потенциалом. Важнейшие неорганические и органические окислители и восстановители.

Кривые титрования. Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Основы перманганатометрического титрования. Первичные и вторичные стандарты метода. Иодометрия и иодиметрия. Дихроматометрия. Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы.

РАВНОВЕСИЕ В РАСТВОРАХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ.

Равновесия в реакциях комплексообразования. Классификация КС, ступенчатое комплексообразование. Количественные характеристики КС ($\beta_{\text{уст.}}$, функции образования и закомплексованности, степень образования). Теоретические основы взаимодействия органических реагентов с неорганическими ионами. Хелаты, внутримолекулярные соединения. Органические реагенты в анализе.

Основы комплексометрического титрования. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Способы комплексометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешности титрования.

РАВНОВЕСИЕ В РАСТВОРЕ «ОСАДОК – РАСТВОР». МЕТОДЫ ОСАДИТЕЛЬНОГО ТИТРОВАНИЯ.

Гетерогенные процессы. Равновесие в системе раствор-осадок. Осадки и их свойства. Схема образования осадка. Кристаллические и аморфные осадки. Зависимость структуры осадка от различных факторов (рН раствора, температуры, концентрации осадителя и осаждаемого иона, солевого состава раствора). Факторы, влияющие на растворимость осадков. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Гомогенное осаждение. Причины загрязнения осадка. Классификация видов соосаждения.

Основы метода осадительного титрования. Классификация методов. Кривые титрования. Индикаторы. Определяемые вещества. Погрешности титрования.

ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА.

Гравиметрический метод анализа. Сущность гравиметрического метода, преимущества и недостатки. Метод отгонки. Прямые и косвенные методы определения методом отгонки.

Основы метода осаждения. Важнейшие органические и неорганические оса-

дители. Погрешности в гравиметрическом анализе. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Термогравиметрический метод.

МЕТОДЫ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.

Спектры испускания, поглощения и рассеяния. Типы энергетических уровней и переходов. Интенсивность спектральных линий. Ширина спектральной линии. Структура атомных и молекулярных спектров. Спектральные приборы и характеристики основных узлов.

Основы атомно-эмиссионной спектроскопии. Аппаратура. Источники атомизации и возбуждения (атомизаторы): электрические разряды (дуговые, искровые), пламена, плазменные источники. Метрологические характеристики. Способы расчета концентрации в атомно-эмиссионном методе анализа. Способы монохроматизации лучистой энергии.

Атомно-флуоресцентная спектроскопия. Основы рентгеновской атомно-эмиссионной спектроскопии.

МЕТОДЫ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.

Сущность метода атомно-абсорбционной спектроскопии. Атомизаторы (пламенные и непламенные). Источники излучения (лампы с полым катодом, источники сплошного спектра, лазеры), их характеристики. Спектральные и физико-химические помехи, способы их устранения. Метрологические характеристики. Возможности, достоинства и недостатки метода, его сравнение с атомно-эмиссионным методом. Примеры практического применения атомно-абсорбционных методов.

Рентгено-абсорбционный анализ. Основы электронной спектроскопии.

МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.

Основы абсорбционной спектроскопии в УФ- и видимой областях спектра. Спектры молекул; их особенности. Схемы электронных уровней молекулы. Электронные, колебательные и вращательные спектры молекул. Классификация аппаратуры с точки зрения способа монохроматизации (фотометры, спектрофотометры). Законы светопоглощения в спектрофотометрии. Основные причины отклонения от основного закона светопоглощения (инструментальные и физико-химические). Способы получения окрашенных соединений. Фотометрические аналитические реагенты, требования к ним. Способы определения концентрации веществ. Метрологические характеристики и аналитические возможности. Примеры практического применения.

Нефелометрия и турбидиметрия. Основы спектроскопии диффузного отражения.

Молекулярная люминесценция. Основные закономерности молекулярной люминесценции. Аппаратура и техника молекулярного люминесцентного анализа.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.

Общая характеристика электрохимических методов. Классификация. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Поляризационные кривые и их использование в различных электрохимических методах. Прямая потенциометрия. Измерение потенциала.

Ионометрия. Классификация ионселективных электродов: электроды с гомогенными и гетерогенными кристаллическими мембранами, стеклянные электроды, электроды с подвижными носителями, ферментные и газочувствительные электроды. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика.

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

Вольтамперометрия. Индикаторные электроды и классификация вольтамперометрических методов. Преимущества и недостатки ртутного электрода. Применение твердых электродов. Получение и характеристика вольтамперной кривой. Конденсаторный, миграционный, диффузионный токи. Предельный диффузионный ток.

Основы полярографии. Потенциал полуволны. Факторы, влияющие на величину потенциала полуволны. Современные виды вольтамперометрии: прямая и инверсионная, переменноточковая; хроноамперометрия с линейной разверткой (осциллография). Преимущества и ограничения по сравнению с классической полярографией.

Основы кондуктометрического метода анализа. Преимущества и недостатки. Практическое применение.

Кулонометрия. Теоретические основы. Закон Фарадея. Виды кулонометрии.

Электрогравиметрия. Практическая реализация метода и его метрологические характеристики.

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.

Классификация хроматографических методов анализа. Хроматографические параметры. Теория теоретических тарелок. Кинетическая теория.

Плоскостная хроматография. Общие принципы разделения. Способы получения плоскостных хроматограмм. Реагенты для проявления хроматограмм. Бумажная хроматография. Механизмы разделения. Подвижные фазы. Преимущества и недостатки. Тонкослойная хроматография. Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы. Области применения.

Жидкостная хроматография. Виды жидкостной хроматографии. Преимущества высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Насосы, колонки. Основные типы детекторов.

Адсорбционная жидкостная хроматография. Нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Полярные и неполярные неподвижные фазы и принципы их выбора. Подвижные фазы и принципы их выбора. Области применения адсорбционной жидкостной хроматографии.

Ионообменная хроматография. Ионная хроматография как вариант высокоэффективной ионообменной хроматографии. Особенности строения и свойства

сорбентов для ионной хроматографии. Ионохроматографическое определение катионов и анионов. Общие принципы. Подвижные и неподвижные фазы. Области применения.

Основы газовой хроматография. Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) Сорбенты и носители, требования к ним. Механизм разделения. Колонки. Области применения газоадсорбционной хроматографии. Основы газо-жидкостной хроматографии. Неподвижные жидкие фазы. Носители неподвижных жидких фаз. Химически связанные фазы. Области применения газовой хроматографии. Особенности газовых хроматографов. Детекторы.

АНАЛИЗ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ.

Химико-аналитический контроль реальных объектов и его роль в промышленности, геологии, сельском хозяйстве, медицине. Основные объекты анализа. Аналитический цикл и его основные этапы. Пробоотбор. Пробоподготовка.

Анализ вод. Анализ воздуха. Анализ почв и донных отложений.

Анализ биологических материалов. Анализ геологических объектов. Анализ металлов и сплавов.

Анализ веществ высокой чистоты. Современное состояние и тенденции развития методов аналитической химии.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Основы аналитической химии [Текст]. В двух книгах. Учебник для ВУЗов Под ред. акад. РАН Ю.А. Золотова. М.: Высшая школа. 2012, 2010, 2004 – 359 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия [Текст]. Книга 1 и 2. М.: Дрофа, 2009. – 368, 384.
3. Аналитическая химия. Физико-химические и физические методы анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.И. Мовчан [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013. – 236 с. – 978-5-7882-1454-2. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61958.html>
4. Валова (Копылова) В.Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс]: практикум / (Копылова) В.Д. Валова, Е.И. Паршина. – Электрон. текстовые данные. – М.: Дашков и К, 2015. – 199 с. – 978-5-394-01301-0. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10905.html>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Основы аналитической химии. Химические методы анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.И. Мовчан [и др.]. – Электрон.текстовые данные. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. – 195 с. – 978-5-7882-1216-6. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61991.html>

2. Лакиза Н.В. Анализ пищевых продуктов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.В. Лакиза, Л.К. Неудачина. – Электрон. текстовые данные. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. – 188 с. – 978-5-7996-1568-0. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69578.html>

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. <http://e.lanbook.com>
2. www.iprbookshop.ru
3. <http://biblioclub.ru>

Перечень вопросов для поступления в аспирантуру

04.06.01 Химические науки

по аналитической химии

1. Аналитическая химия, ее задачи и методы. Виды анализа. Основные этапы химического анализа.
2. Основные метрологические понятия: измерение, методы и средства измерений, погрешности. Основные характеристики метода анализа: правильность и воспроизводимость.
3. Равновесие в реакциях комплексообразования. Константа устойчивости: общая и ступенчатая. Органические аналитические реагенты. Примеры (обнаружение Co^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , Fe^{3+}).
4. Равновесие в реакциях окисления-восстановления. Уравнение Нернста. Основные окислители и восстановители, используемые в анализе.
5. Равновесие в системе осадок – раствор. Правило произведения растворимости и его применение в аналитической химии. Метод осаждения как метод разделения.
6. Методы разделения и концентрирования, их классификация, количественные характеристики.
7. Физико-химические и физические методы разделения и концентрирования (экстракция, сорбционные методы, дистилляция, возгонка и др.)
8. Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки. Области применения гравиметрии (примеры). Прямые и косвенные методы определения.
9. Осаждаемая и гравиметрическая формы, требования к ним и способы получения. Погрешности в гравиметрическом анализе.
10. Классификация титриметрических методов анализа. Требования к реакциям в титриметрии. Способы титрования (прямое, обратное, титрование заместителя).
11. Кислотно-основное равновесие в растворах слабых и сильных электролитов. Титранты, индикаторы и определяемые вещества метода кислотно-основного титрования.
12. Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия, дихроматометрия, Иодометрия. Определяемые вещества. Титранты и индикаторы.

13. Комплексометрическое титрование. ЭДТА как титрант, индикаторы (металлохромные), определяемые вещества.
14. Методы осадительного титрования (Мора, Фольгарда, Фаянса). Определяемые вещества. Титранты и индикаторы.
15. Методы атомной спектроскопии. Источник атомизации и возбуждения, источники излучения. Возможности метода, недостатки.
16. Методы молекулярной спектроскопии, их классификация. Качественный и количественный анализ. Способы расчета неизвестной концентрации (метод градуировочного графика, стандарта, добавок, по величине коэффициента молярного поглощения).
17. Методы прямой потенциометрии и потенциометрического титрования. Электроды сравнения и индикаторные электроды. Примеры практического применения.
18. Методы вольтамперометрии. Сущность метода. Классификация метода вольтамперометрии. Кулонометрия. Электрогравиметрия.
19. Классификация хроматографических методов (по агрегатному состоянию фаз, по механизму разделения, по технике выполнения). Основные хроматографические параметры.
20. Сущность газовой и жидкостной хроматографических методов. Детекторы. Преимущества и недостатки. Область применения.