ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.С. КУРНАКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИОНХ РАН)

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИОНХ РАН
акад.РАН_____ В.К. Иванов
«___»_____ 2026 г.

Рабочая программа дисциплины Аналитическая химия

Шифр и наименование области науки: 1. Естественные науки

Шифр и наименование группы научных специальностей: 1.4. Химические науки

Шифр и наименование научной специальности:
1.4.2. Аналитическая химия

Форма обучения: очная

Нормативный срок обучения: 4 года

Москва
2026 г.

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины Аналитическая химия разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951.

Изучение дисциплины Аналитическая химия в соответствии с учебными планами подготовки аспирантов осуществляется в течение 2-го курса обучения в аспирантуре и завершается сдачей кандидатского минимума.

Целью учебного курса Аналитическая химия является расширение и углубление знаний аспирантами по основным понятиям и методологическим вопросам аналитической химии; важнейшим закономерностям процессов протекания аналитических реакций, лежащих в основе классических и новейших методов и средств химического анализа; по общим принципам пробоподготовки и другим современным аспектам аналитической химии.

Основными задачами изучения учебного курса являются, с одной стороны, сформировать у аспирантов углубленные знания по основным разделам аналитической химии и методам анализа различных объектов, а с другой – одновременно привить им практические навыки анализа.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина Аналитическая химия относится к образовательному компоненту программы аспирантуры, является обязательной для освоения.

Эта дисциплина является продолжением основополагающих дисциплин «Неорганическая химия» и «Физическая химия», изучаемых в вузах.

Настоящий курс охватывает основополагающие разделы аналитической химии, основные методы, средства и объекты анализа. В курсе рассматриваются понятия и методология современной аналитической химии и методов практического химического анализа; обсуждаются общие закономерности и механизмы разнообразных химических и биохимических реакций и физических процессов, лежащих в основе различных этапов анализа неорганических и органических материалов, обсуждаются вопросы автоматизации и математизации аналитической химии; систематизируются знания обучающихся по классическим и новейшим аналитическим методам, эффективным приемам пробоотбора и пробоподготовки. Основной целью изучения дисциплины является углубленное ознакомление аспирантов с основополагающими принципами аналитической химии и ее практическом использовании в анализе и исследовании различных веществ и материалов.

3. Структура и основное содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачётных единиц (288 часов).

3.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)							Вид итогового контроля
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных				Сам. работа	
				Лекц.	Лаб.	Пр.	КСР		
1.	Аналитическая химия	288	116	60	56	-	-	172	Кандидатский экзамен по дисциплине

3.2. Содержание дисциплины

3.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Общие вопросы и проблемы аналитической химии	8	-	-	-	22
2	История и современное состояние аналитической химии	7	-	-	-	22
3	Методы и виды химического анализа. Их основные характеристики	8	12	-	-	22
4	Аналитическая служба и ее функции	7	7	-	-	22
5	Аналитический цикл и стадии анализа. Пробоотбор и пробоподготовка	8	12	-	-	21
6	Теоретические основы методов химического исследования веществ и материалов	8	-	-	-	21
7	Методы разделения и концентрирования	7	13			21
8	Метрология и хемометрика	7	12			21

3.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения занятий
1.	Общие вопросы и основные проблемы аналитической химии	Предмет аналитической химии, ее структура. Аналитические задачи: обнаружение, идентификация, определение веществ. Индивидуальность аналитической химии, ее место в системе наук, связь с практикой. Значение аналитической химии в науке, экономике и других сферах. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения; повышение точности и избирательности; обеспечение экспрессности. Автоматизация и миниатюризация химического анализа.	30	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

2.	История и современное состояние аналитической химии	Основные этапы развития аналитической химии. Современное состояние и тенденции развития аналитической химии: инструментализация, автоматизация, математизация, миниатюризация, увеличение доли физических методов, переход к многокомпонентному анализу, создание сенсоров и тест-методов. Научная химико-аналитическая литература.	29	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
3.	Методы и виды химического анализа. Их основные характеристики	Методы аналитической химии. Химические, физические и биологические методы. Методы обнаружения, идентификации, разделения и концентрирования, определения; гибридные и комбинированные методы. Методы прямые и косвенные. Условность классификаций. Основные характеристики методов определения: чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, воспроизводимость, правильность, селективность. Метод и методика. Продолжительность, трудоемкость, стоимость, приборное обеспечение методики анализа. Виды химического анализа: изотопный, атомный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Макро-, микро-, ультрамикроанализ. Локальный, неразрушающий, дистанционный, непрерывный, внелабораторный (полевой). Анализ и контроль, их специфика.	42	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
4.	Аналитическая служба и ее функции. Специальные объекты анализа	Организация аналитической службы, ее функции. Контроль технологических процессов. Маркировочные анализы. Результат химического анализа как показатель качества продукции. Арбитражный анализ. Специальные объекты анализа: токсичные и радиоактивные вещества, токсины в пищевых продуктах, наркотики, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы, космические объекты.	36	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
5.	Аналитический цикл и стадии анализа. Пробоотбор и пробоподготовка	Выбор метода и схемы, отбор пробы, подготовка пробы (разложение, разделение, концентрирование и другие операции), получение аналитической формы, измерение аналитического сигнала, обработка результатов измерений. Взаимозаменяемость методов; оптимизация схемы анализа. Представительность пробы: проба и объект анализа; проба и метод анализа. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ; устройства и приемы, используемые при этом; первичная обработка и хранение проб, дозирующие устройства. Транспортировка. Отбор токсичных и радиоактивных проб. Основные операции перевода пробы в форму, удобную для анализа: растворение в различных средах; спекание, сплавление, термическое разложение, разложение под давлением, при	41	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		помощи высокочастотного разряда и в плазме, в присутствии окислителей (восстановителей); комбинирование различных приемов; способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.		
6.	Теоретические основы методов химического исследования веществ и материалов			
6.1.	Химические методы	Химические превращения вещества – основа химических методов. Использование законов термодинамики (химическое равновесие) и кинетики для описания и управления реальными гомогенными и гетерогенными системами. Количественные характеристики равновесий: термодинамическая и концентрационные константы, стандартный и формальный потенциалы, степень образования (мольная доля) компонента. Расчет активностей и равновесных концентраций компонентов (pH, pM и концентрации разных комплексных форм, молекулярной и ионной растворимостей). Буферность систем (pH, pM и редокс буферы). Развитие представлений о кислотах и основаниях. Константы кислотности и основности. Функция Гаммета. Буферные растворы. Комплексообразование. Типы комп-лексных соединений, используемых в химическом анализе. Комплексные соединения в растворе. Ступенчатое комплексообразование. Константы устойчивости. Методы определения состава комплексных соединений и расчета констант устойчивости. Кинетика реакций комплексообразования. Окислительно-восстановительное равновесие. Обратимые и необратимые реакции. Уравнение Нернста. Стандартные и реальные (формальные) потенциалы. Смешанный потенциал. Методы измерения потенциалов. Константы равновесия. Механизм окислительно-восстановительных реакций. Процессы осаждения-растворения. Равновесия в системе жидкость - твердая фаза. Константы равновесия (термодинамическое и реальное произведение растворимости); растворимость. Механизм образования и свойства кристаллических и аморфных осадков. Коллоидные системы. Загрязнения и условия получения чистых осадков. Условия полного осаждения и растворения осадков. Органические реагенты в химическом анализе. Функционально-аналитические группы. Важнейшие органические аналитические реагенты, области их применения.	4	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.2.	Гравиметрические и триметрические методы	Гравиметрические методы. Сущность, значение, достоинства и ограничения прямых и косвенных гравиметрических методов. Требования, предъявляемые к осадкам. Важнейшие неорганические и органические осадители. Аналитические весы.	4	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		Титриметрические методы. Сущность и классификация. Виды титрования (прямое, обратное, косвенное). Кривые титрования. Точка эквивалентности, конечная точка титрования и методы ее индикации.		
6.3.	Кинетические методы	Сущность методов. Индикаторные реакции, индикаторные вещества. Дифференциальный и интегральный варианты методов. Каталитический и некаталитический варианты методов. Методы определения концентрации индикаторных веществ. Чувствительность, избирательность и точность, области применения.	3	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.4.	Электрохимические методы	Теоретические основы. Основные процессы, протекающие на электродах в электрохимической ячейке. Кинетика электрохимических процессов. Поляризационная кривая. Классификация электрохимических методов. Потенциометрия. Равновесные электрохимические системы и их характеристики. Использование прямых и косвенных потенциометрических методов в анализе и исследовании. Ионометрия, типы ионоселективных электродов и их характеристики. Ферментные и газочувствительные электроды. Кулонометрия. Прямая потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия – безэталонный, высокочувствительный метод анализа. Кулонометрическое титрование, его возможности и преимущества перед другими титриметрическими методами. Вольтамперометрия. Характеристики вольтамперограмм, используемые для изучения и определения органических и неорганических соединений. Инверсионная вольтамперометрия и ее применение в анализе. Кондуктометрия. Эквивалентная и удельная электропроводность. Подвижность ионов. Низкочастотная кондуктометрия: прямой метод и кондуктометрическое титрование. Электрогравиметрия. Электролиз при контролируемом потенциале и при заданной величине тока. Применение электролиза для разделения компонентов смеси и их количественного определения.	3	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.5.	Физические методы	Взаимодействие вещества с электромагнитным излучением, потоками частиц, магнитным полем – основа физических методов анализа. ***Методы атомной оптической спектроскопии.*** Атомные спектры эмиссии, поглощения и флуоресценции. Резонансное поглощение. Самопоглощение, ионизация. Аналитические линии. Аналитический сигнал. ***Атомно-эмиссионная спектроскопия.*** Возбуждение проб в пламени. Возбуждение в дуговом и искровом разрядах. Индуктивно связанная плазма. Фотографическая и	3	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		фотоэлектрическая регистрация спектра. Компьютерная денситометрия. Оптические спектрометры, квантометры. Идентификация элементов по эмиссионным спектрам. Определение отдельных элементов. Физические и химические помехи. Анализ твердых веществ и материалов, технологических растворов, других объектов. ***Атомно-абсорбционная спектрометрия.*** Сущность метода. Источники излучения (лампы с полым катодом, безэлектродные разрядные лампы, лазеры). Пламенная атомизация. Электротермическая атомизация. Помехи и их коррекция Примеры использования. ***Атомно-флуоресцентная спектроскопия.*** Принцип метода. Способы возбуждения атомов (УФ излучение, лазер). Взаимное влияние элементов и устранение этих влияний. Практическое применение. ***Методы рентгеновской и электронной спектроскопии.*** Основные свойства и характеристики рентгеновского излучения. Обозначения в рентгеновских спектрах. Правила отбора. Классификация эмиссионных методов РСА. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ (РСМА), рентгенорадиометрический анализ (РРА), рентгеноспектральный анализ с ионным возбуждением (PIXE), рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). Закон Мозли. Зависимость выхода рентгеновской флуоресценции от атомного номера элемента. Факторы, определяющие интенсивность флуоресценции. Качественный и количественный анализ. Матричные эффекты. Типы рентгеновских спектрометров. Спектрометры с энергетической и волновой дисперсией. Практическое применение. ***Абсорбционный рентгеноспектральный анализ.*** Принцип метода. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС; электронная спектроскопия для химического анализа, ЭСХА). Анализ поверхности. Практическое применение. ***Оже-электронная спектроскопия.*** Принцип метода. Зависимость энергии Оже-электронов от атомного номера элемента. Аналитические возможности и область применения.		
6.6.	Методы молекулярной оптической спектроскопии	***Теоретические основы***. Молекулярные спектры поглощения, испускания. Основные законы светопоглощения и испускания. Рассеяние света. Поляризация и оптическая активность. Способы измерения аналитического сигнала. ***Спектрофотометрия.*** Электронные спектры и энергетические переходы в молекулах. Способы монохроматизации светового потока. Пути повышения избирательности определения. Способы определения концентрации веществ. Анализ многокомпонентных систем. Производная спектрофотометрия.	3	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		пектрофотометрическое титрование. Спектроскопия отражения. Достоинства и ограничения методов. Практическое применение. ***Люминесцентные методы***. Виды люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Основные закономерности молекулярной люминесценции. Тушение люминесценции. Качественный и количественный анализ. Люминесценция кристаллофосфоров. ***ИК- и рамановская (комбинационного рассеяния) спектроскопия***. Колебательные и вращательные спектры. Качественная интерпретация спектров и количественный анализ: идентификация веществ, структурно-групповой и молекулярный анализ, определение строения индивидуальных соединений. Особенности анализа газов, растворов и твердых образцов. Спектроскопия внутреннего отражения. Спектроскопия с нарушенным полным внутренним отражением. Поглощение в микроволновой области.		
6.7.	Методы масс-спектрометрии	Основные способы образования ионов: электронный удар, химическая ионизация, ионизация в поле, под действием излучения лазера, в индуктивно связанной плазме, тлеющем разряде, вакуумной искре и др. Способы масс-спектрального анализа, регистрация и интерпретация спектров. Качественный и количественный анализ. Анализ газообразных, жидких и твердых веществ.	3	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.8.	Методы магнитного резонанса ядер и электронов	***Теоретические основы***. Магнитно-дипольные переходы. Механизмы релаксации: спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. Гиромагнитное отношение. ***ЯМР-спектроскопия***: магнитный момент ядра и его взаимодействие с магнитным полем; реализация магнитного резонанса; химический сдвиг и спин-спиновое взаимодействие; применение для идентификации соединений. ***ЭПР-спектроскопия***: положение резонансого сигнала и g-фактора; электрон-ядерное, электрон-электронное взаимодействие и сверхтонкая структура спектра ЭПР; применение.	3	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
6.9.	Автоматизация и миниатюризация методов анализа	Автоматизация лабораторного анализа и производственного контроля. Полная и частичная автоматизация. Автоматизация периодического, дискретного анализа и непрерывного анализа в потоке. Принципы применения и средства автоматизации. Автоматизированные приборы, системы и комплексы, автоматы-анализаторы для лабораторного и производственного анализа, роботы. Примеры современных высокоэффективных аналитических приборов-автоматов (газоанализаторы, хромато-масспектрометры и другие спектрометры,	3	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		автоматические приборы и системы для проточно-инжекционного анализа, для отбора и анализа проб космического вещества и др.).		
7.	Методы разделения и концентрирования			
7.1.	Теоретические основы. Сорбционные методы и методы экстракции.	Процессы и реакции, лежащие в основе методов. Термодинамические и кинетические характеристики разделения и концентрирования. Классификация методов по природе процессов, числу и природе фаз, природе матрицы и концентрата. Сочетание разделения и концентрирования с методами определения. Принципы выбора метода. ***Сорбционные методы***. Классификация по механизму взаимодействия вещества с сорбентом, способу осуществления процесса, геометрическим признакам неподвижной фазы. Количественное описание сорбционных процессов. Сорбенты. ***Экстракция.*** Сущность метода. Закон распределения. Экстракция и растворимость. Основные количественные характеристики: константа распределения, коэффициент распределения, константа экстракции, фактор разделения. Классификация экстракционных процессов по типу используемого экстрагента, типу образующихся соединений, технике осуществления. Основные типы соединений, используемых в экстракции. Классы экстрагентов.	8	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
7.2.	Другие методы разделения и концентрирования	***Осаждение и соосаждение***. Исполь-зование неорганических и органических осадителей и соосадителей для разделения и концентрирования элементов. Виды соосаждения. Основные типы коллекторов. Органические соосадители. ***Электрохимические методы***. Электровыделение (электроосаждение и электрорастворение), цементация, электрофорез, изотахофорез. ***Испарение, сублимация и родственные методы.*** Количественные характеристики. Классификация методов. Испарение, сублимация или отгонка, отгонка после химических превращений. ***Другие методы:*** управляемая кристаллизация (направленная кристаллизация и зонная плавка), пробирная плавка и другие пирометаллургические методы, флотация, мембранные методы, химические транспортные реакции, термодиффузия. Маскирование и демаскирование.	9	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
7.3.	Хроматографические методы. Газовая хроматография.	***Теоретические основы.*** Основные понятия. Классификация. Детекторы. Теория равновесной хроматографии. Граничные условия применимости. Размывание хроматографических пиков и их разрешение. Уравнение Ван-Деемтера. Общие подходы к оптимизации процесса хроматографического	8	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		разделения веществ: выбор системы фаз, высоты и диаметра хроматографической колонки, размеров частиц неподвижной фазы. Способы осуществления хроматографического процесса. Особенности капиллярных колонок. Способы элюирования веществ. ***Газовая хроматография.*** Сущность метода. Изотермы адсорбции. Требования к газам-носителям и адсорбентам. Примеры используемых адсорбентов. Химическое и адсорбционное модифицирование поверхности адсорбента. Примеры применения. ***Газожидкостная хроматография***. Принцип метода. Объекты исследования. Требования к носителям и неподвижным жидким фазам. Влияние природы жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения. ***Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография.*** Сущность метода. Примеры применения для идентификации веществ, для анализа сложных смесей, объектов окружающей среды. ***Сверхкритическая флюидная хроматография.*** Сущность, особенности и отличия от газовой и жидкостной хроматографии, применение.		
7.4.	Жидкостная хроматография	***Высокоэффективная жидкостная хроматография***. Сущность метода. Требования к адсорбентам и подвижной фазе. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения. Разновидности метода в зависимости от полярности неподвижной фазы: нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Выбор варианта в зависимости от полярности разделяемых веществ. Выбор условий разделения. Детекторы. Применение для анализа сложных смесей.	8	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
7.5.	Ионообменная и другие виды хроматографии	***Ионообменная хроматография***. Неорганические и органические ионо-обменники и их свойства. Комплексо-образующие ионообменники. Кинетика и селективность ионного обмена. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения веществ. Примеры применения для концентри-рования и разделения неорганических и органических ионов. ***Ионная хроматография***. Особенности метода. Двухколоночный и одноколоноч-ный варианты метода. Сорбенты. Детекторы. Примеры применения. ***Ион-парная хроматография***. Прин-цип метода. Роль неподвижной фазы и вводимого в элюент противоиона. Области применения. ***Эксклюзионная хроматография***. Особенности механизма удерживания молекул. Характеристики сорбентов и подвижных фаз. Возможности и примеры применения. Гель-хроматография (гель-проникающая и гель-фильтрационная). Механизм разделения веществ. Характеристика гелей. Применение в	8	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		органическом и неорганическом анализе. ***Аффинная хроматография***. Специфика аффинной хроматографии, применяемые адсорбенты. Условия проведения процесса разделения. Области применения. ***Тонкослойная хроматография***. Сущность метода и области применения.		
8.	Метрология и хемометрика			
8.1.	Метрологические основы химического анализа	Химический анализ как метрологическая процедура. Аналитический сигнал. Результат анализа как случайная величина. Погрешности, способы их классификации, основные источники погрешностей в химическом анализе. Систематические погрешности в химическом анализе. Правильность и способы проверки правильности. Постоянная (аддитивная) и пропорциональная (мультипликативная) систематическая погрешность. Систематические погрешности I, II, III рода. Законы сложения погрешностей. Релятивизация, контрольный опыт. Рандомизация. Случайные погрешности в химическом анализе. Генеральная и выборочная совокупности результатов химического анализа. Закон нормального распределения. Статистика малых выборок. Воспроизводимость. Статистические критерии: математическое ожидание (генеральное среднее) и генеральная дисперсия случайной величины, выборочное среднее, дисперсия, стандартное отклонение, доверительная вероятность и доверительный интервал. Характер связи между значением величины и ее стандартным отклонением (абсолютным и относительным). Возможные причины отклонения результатов анализа от нормального распределения. Распределение Пуассона. Проверка нормального закона распределения результатов анализа. Построение гистограмм распределения. Критерий Пирсона. Статистическая обработка результатов серийных анализов. Выявление промахов. Контрольные карты. Сравнение двух (критерий Фишера) и нескольких (критерии Бартлера, Кокрена) дисперсий. Сравнение двух (критерий Стьюдента) и нескольких (критерий Фишера) средних результатов химического анализа. Чувствительность. Коэффициент чувствительности. Предел обнаружения, нижняя граница определяемых содержаний, их статистическая оценка. Пути повышения чувствительности методик анализа.	10	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
8.2.	Законы распределения систематических и случайных погрешностей	Погрешности отдельных стадий анализа и конечного результата. Применение дисперсионного анализа для оценки погрешностей отдельных стадий и операций химического анализа. Проверка значимости выборочного	10	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

		коэффициента корреляции. Использование корреляционного анализа для проверки независимости двух методик. Применение регрессионного анализа для построения градуировочных зависимостей. Способы проверки адекватности регрессионной модели. Нахождение содержания вещества по градуировочной зависимости, статистическая оценка результата.		
8.3.	Планирование и оптимизация эксперимента	Математическое планирование и оптимизация аналитического эксперимента. Использование дисперсионного и многомерного регрессионного анализа в планировании эксперимента. Оценка значимости факторов. Планы второго порядка. Симплекс-оптимизация.	10	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта
8.4.	Аттестация и аккредитация	Метрологическое обеспечение контроля состава веществ и материалов. Стандартные образцы. Аттестация и стандартизация методик. Аккредитация аналитических лабораторий.	10	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта

3.2.3. Самостоятельная работа

Рабочей программой дисциплины Аналитическая химия предусмотрена самостоятельная работа аспиранта.

Самостоятельная работа распределяется по видам учебных занятий следующим образом:

- проработка лекционного материала по конспекту и учебной литературе;

- проработка актуальных вопросов, чтение и конспектирование первоисточников.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

3.2.4. Образовательные технологии

Основными образовательными технологиями, используемыми при реализации учебной работы, являются лекции, семинары ведущих отечественных и зарубежных ученых и консультации с преподавателями; проведение практических работ, участие обучаемых в научной работе и выполнение исследовательских проектов.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

4.1. Текущий контроль успеваемости

Основной контроль знаний осуществляется в процессе участия в лекционных и лабораторных занятиях.

Текущий контроль проводится в форме вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных мероприятиях, осуществляющим преподавателем, ведущим дисциплину.

ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ НА ЗАНЯТИЯХ:

1. Аналитическая химия и химический анализ. Границы и области перекрывания. Аналитическая служба.
2. Автоматизация анализа (где, зачем, как).
3. Миниатюризация анализа.
4. Химические сенсоры (что это такое, их будущее).
5. Виды химического анализа.
6. Классификация аналитических методов.
7. Что значит разработать метод определения.
8. Сопоставление методов определения.
9. Тенденции в развитии методов анализа.
10. Основные объекты анализа; смена приоритетов.
11. Соотношение метод – объект анализа.
12. Контроль технологических процессов. Особенности, способы осуществления.
13. Нормативно-техническая документация по химическому анализу. Общий обзор.
14. Прогноз развития аналитической химии (тенденции; что надо было бы).
15. Использования современной ГХ в нефтехимии.
16. Использования современной ГХ в использования современной ГХ в экологии.
17. Примеры использования современной ГХ в медицине.
18. Расширение областей применения газовой хроматографии (реакционная ГХ и парафазный анализ).
19. Виды загрязнения детектора и приемы его чистки.
20. Селективность и эффективность хроматографического разделения.
21. Классификация хроматографических методов.
22. Сорбенты для современной ВЭЖХ.
23. Принципы обращенно-фазовой и ионной хроматографии.
24. Области применения ВЭЖХ.
25. Какие новые детекторы используют в ВЭЖХ.
26. Каковы принципы действия спектрофотометрического и флуориметрического детекторов.
27. Каковы принципы действия кондуктометрического и электрохимического детекторов.
28. Причины и признаки появления неполадок в хроматографической системе.
29. Суть метода капиллярного электрофореза.
30. Каковы новые варианты капиллярного электрофореза.
31. Каков механизм разделения в капиллярном зонном электрофорезе.
32. Каковы принципы мицеллярной электрокинетической хроматографии.
33. Каковы достоинства и недостатки капиллярного электрофореза.

34. Каковы области перспективного использования капиллярного электрофореза.

35. Как формируется масс-спектр? Основные характеристики масс-спектров.

36. Опишите принцип действия различных типов масс-спектрометров.

37. Опишите основные механизмы, влияющие на уровень аналитического сигнала и ограничивающие чувствительность метода ИСП-МС.

38. Расскажите о методах пробоподготовки объектов различного состава и агрегатного состояния для ИСП-МС определения содержания анализа.

39. Расскажите о методах введения в плазму образцов с высоким содержанием органики и высоким уровнем кислотности.

40. Классификация масс-спектрометров для элементного и молекулярного анализа.

41. Сущность метода высокоэффективной жидкостной хроматографии – масс-спектрометрии. Типы и особенности источников ионизации.

42. Разновидности масс-анализаторов, используемых в сочетании с жидкостным хроматографом. Аналитические характеристики.

43. Качественный анализ методом ВЭЖХ-МС. Возможности и ограничения.

44. Аналитические возможности методов ВЭЖХ-МС(-МС). Определение следовых количеств в объектах со сложной матрицей.

45. Применение жидкостной масс-спектрометрии в современной практике.

46. Преимущества сочетания метода газовой хроматографии и метода масс-спектрометрии.

47. Ограничения метода ГХ-МС.

48. Область применения метода ГХ-МС. Аргументированный выбор метода ГХ-МС на примере анализа различных объектов.

49. Аналитический сигнал в методе ГХ-МС (в том числе и ГХ-МС/МС). Возможности его применения для качественного и количественного анализа.

50. Особенности разделения многокомпонентных смесей органических соединений на капиллярных колонках. Выбор колонки для анализа известных определяемых веществ, неизвестных компонентов смеси.

51. Роль индексов удерживания в сочетании с масс-спектрами электронной и химической ионизации в подходах к идентификации компонентов сложных смесей органических соединений

52. Основы электрохимической термодинамики и кинетики. Теории строения двойного электрического слоя; их эволюция. Ток как функция потенциала. Уравнение разряда для обратимой реакции. Стационарная вольтампрометрия.

53. Нормальная импульсная вольтамперометрия. Форма задаваемого сигнала и форма вольтамперной кривой. Ток как функция концентрации.

54. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия.

55. Квадратноволновая вольтамперометрия.

56. Линейная развертка потенциала. Форма задаваемого сигнала и форма вольтамперной кривой.

57. Циклическая вольтамперометрия.

58. Визуализация отдельных наночастиц. Визуализация единичной молекулы. Электрохимическая микроскопия.

59. Схема биосенсора и принципа его действия.

60. Требования к сенсорам и биосенсорам (их отличие от прочих аналитических устройств).

61. История создания биосенсоров: амперометрический, потенциометрический и оптический.

62. Классификация биосенсоров. Способы «биоузнавания» и примеры биомолекул. Типы трансдьюсеров.

63. Ферментные электроды: три поколения биосенсоров. Потенциометрические биосенсоры и полевые транзисторы.

64. Биосенсоры II поколения: глюкозооксидаза и персональные глюкозные тесты.

65. Примеры медиаторных систем. Примеры коммерческого использования.

66. Биосенсоры III поколения.

67. Подвижная и неподвижная фазы и виды элютивной хроматографии. Блок-схема хроматографа. Методы дозирования пробы.

68. Уровни и задачи математического моделирования методов аналитической химии.

69. Одноколоночная ионная хроматография: подвижные фазы, детекторы, преимущества и недостатки по сравнению с двухколоночным вариантом.

70. Принципы работы основных типов детекторов для жидкостной хроматографии. Области применения ВЭЖХ.

71. Классификация методов хроматографического анализа. Хроматография как сорбционный процесс.

72. Газовая хроматография. Колонки, сорбенты, носители, неподвижные фазы, подвижные фазы, механизмы разделения.

73. Качественный и количественный хроматографический анализ. Основные хроматографические характеристики.

74. Принципы работы и рабочие характеристики основных детекторов для газовой хроматографии. Области применения газовой хроматографии.

75. Жидкостная хроматография. Нормально-фазовая и обращено-фазовая хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Колонки, сорбенты, подвижные фазы, механизмы удерживания.

76. Ионообменная хроматография. Равновесие и селективность ионного обмена. Высокоэффективная ионообменная хроматография. Сорбенты.

77. Ионная хроматография с химическим подавлением электропроводности. Процессы, происходящие в разделяющей колонке и в подавителе. Применение ионной хроматографии.

78. Автоматизация анализа и использование ЭВМ в аналитической химии. Необходимость автоматизации и интеллектуализации современного химического анализа.

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ:

1. Отметить верное выражение для понятия МЕТОД АНАЛИЗА:

+ метод анализа определяет принципы, положенные в основу анализа вещества, но не конкретного определенного соединения;

- это подробное описание всех условий и операций, проведения анализа конкретного определенного объекта;

- метод анализа определяет алгоритм выполнения всех операций для конкретного анализа определенного объекта;

- все ответы верны.

2. Что означает понятие МЕТОДИКА АНАЛИЗА:

+ подробное описание всех условий и операций проведения анализа конкретного объекта;

- основные принципы, положенные в основу анализа вещества, но без конкретных условий операций анализа определенного объекта;

- способ регистрации сигнала при проведении измерения;

- все ответы неверны.

3. Что означает понятие АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ:

+ это среднее из результатов измерений в конечной стадии анализа физической величины, функционально связанной с содержанием определяемого компонента;

- это все то, что сигнализирует нам об окончании эксперимента;

- это обычно цвет или выпадение осадка при выполнении тех или иных операций;

- это всегда количественное выражение величины, связанное с содержанием определяемого соединения.

4. Аналитический сигнал фона вызван:

+ наличием примесей в анализируемом растворе, в применяемых реактивах, а также "шумом" приборов, не имеющих отношение к определяемому компоненту, но мешающих анализу;

- наличием большой концентрации определяемого компонента, которое невозможно зафиксировать в условиях анализа;

- случайными погрешностями в ходе анализа;

- все ответы верны.

5. Полезный аналитический сигнал:

+ есть разница суммарного аналитического сигнала и аналитического сигнала фона;

- это отношение суммарного аналитического сигнала и аналитического сигнала фона;

- это аналитический сигнал в пределах линейного участка градуировочного графика;

- оба ответа верны в зависимости от метода анализа.

6. Правильность характеризует:

+ величину систематической ошибки;

+ отклонение результатов анализа относительно истинного содержания компонента (опорного значения);

- рассеивание результатов параллельных определений относительно среднего;

- абсолютную погрешность анализа;

- относительную погрешность анализа.

7. Относительные методы химического анализа - это методы:

+ использующие сравнения (эталоны), то есть образцы, пробы, растворы с точно установленным содержанием компонента;

- использующиеся в качестве стандартных методов для сравнения с другими новыми методами и оценки правильности анализа;

- в которых определяется относительное содержание компонента в пробе (массовая доля, мольная доля и т.п.);

- в которых используется метод добавок.

8. Гравиметрия относится к:

+ абсолютным методам;

- относительным методам;

- и относительным и абсолютным методам;

- ответ зависит от способа проведения анализа.

9. Наименьшее содержание, при котором по данной методике можно обнаружить присутствие компонента с заданной доверительной вероятностью называют:

+ предел обнаружения;

- среднее значение данных по результатам анализа;

- доверительный интервал;

- полезный аналитический сигнал.

10. Точность (accuracy) характеризуется:

+ близостью результатов анализа к истинному значению;

+ близостью к нулю его погрешности;

+ точность означает близость результатов друг к другу, т.е. воспроизводимость (reproducibility) и сходимость (repeatibility);

+ все ответы верны.

11. Расположите прямые методы определения в порядке понижения предела обнаружения: 1. полярография; 2. спектрофотометрия; 3. инверсионная вольтамперометрия; 4. атомно-абсорбционная спектроскопия.

12. После осаждения в исследуемом растворе должно оставаться такое количество данного соединения, которое:

+ нельзя обнаружить при взвешивании на аналитических весах;

- нельзя обнаружить химическими реакциями;

- не превышает фоновое значение определяемого элемента;

- можно обнаружить при взвешивании на аналитических весах.

13. Расположите этапы гравиметрического определения в порядке их выполнения: 1. осаждение соединения; 2. фильтрование; 3. промывание осадка; 4. высушивание или прокаливание; 5. Взвешивание.

14. Требования к осаждаемой форме:

+ осадок должен быть практически нерастворимым;

+ осадок должен быть химически чистым;

+ в осадок должна выделяться только осаждаемая форма;

- осадок должен быть химически устойчивым;

- осадок должен быть термически устойчивым.

15. На природу частиц, загрязняющих осадок, при осаждении:

+ порядок сливания растворов влияет;

- порядок сливания растворов не влияет;

- ответ зависит от природы образующегося осадка;

- ответ зависит от природы примесей.

16. Соосаждение – это:

+ загрязнение осадка веществами, которые в условиях осаждения определяемого компонента должны оставаться в растворе;

- загрязнение осадка малорастворимыми примесями;

- любое загрязнение осадка в процессе осаждения;

- загрязнение осадка растворителем.

17. Требования к реакции, используемой для титрования, включают только . Реакция должна:

+ все ответы верны;

- быть строго стехиометричной;

- протекать достаточно быстро;

- протекать количественно, согласно уравнению реакции.

18. Метод титрования, при котором к анализируемому раствору добавляют избыток реагента, а затем продукт реакции оттитровывают, называется:

+ метод замещения;

- метод прямого титрования 1;

- метод обратного титрования 2;

- все ответы верны 3.

19. На величину скачка pH при титровании раствора сильной кислоты сильным основанием в водной среде влияют:

+ концентрация веществ, температура;

- температура, ионная сила раствора 1;

- K(H2O), разбавление раствора 2;

- концентрация титранта, ионная сила растворов, температура 3.

20. Формальный потенциал системы равен стандартному потенциалу этой системы при условиях, если:

+ нет конкурирующих реакций 1;

+ ионную силу раствора можно не учитывать или принять равной нулю 2;

- ионная сила равна 1 1;

-коэффициент активности равен нулю 2;

- коэффициент активности равен 1 3;

- молярная доля компонентов системы равна 1 4.

21. Под индикаторным электродом в потенциометрии понимают:

+ электрод, потенциал которого зависит от природы и концентрации определяемого соединения;

- электрод, потенциал которого не зависит от состава раствора 1;

- электрод, потенциал которого зависит только от природы растворителя 2.

22. Газовые ионоселективные электроды бывают + мембранные 1

+ с газовым зазором 2;

- с кристаллической мембраной 1;

- с жидкой мембраной 2.

23. В случае металлических индикаторных электродов реализуется следующий механизм формирования потенциала:

+ электронно-ионный;

- ионообменный 1;

- электронный 2;

- химический 3;

- электрохимический 4.

24. В качестве электрода сравнения можно использовать:

+ электроды 2 рода 1;

+ электроды, поддерживающие постоянное значение потенциала в присутствии определяемых компонентов 2;

- электроды, поддерживающие постоянное значение тока в изучаемой системе 1;

- электроды, сохраняющие постоянное значение потенциала в течение длительного времени 2;

- все ответы правильные 3.

25. Электроды с газовым зазором предназначены для определения:

+ солей аммония, карбонатов, гидрокарбонатов;

- соединений калия, натрия, лития 1;

- органических соединений 2;

- все ответы правильные 3.

26. Уравнение Никольского от уравнения Нернста отличается следующими величинами:

+ коэффициентом селективности и активностью мешающих соединений 1;

+ коэффициентом селективности 2;

- величиной стандартного окислительно-восстановительного потенциала 1;

- природой определяемых соединений 2;

- областью концентраций определяемых соединений 3.

27. Каломельный электрод в вольтамперометрии используют как:

+ электрод сравнения 1;

- рабочий электрод 1;

-индикаторный электрод 2;

- вспомогательный электрод 3.

28. Хлоридсеребряный электрод в вольтамперометрии используют как:

+ электрод сравнения 1;

- рабочий электрод 1;

- индикаторный электрод 2;

- вспомогательный электрод 3.

29. Области спектра электромагнитного излучения, используемые в методе пламенной фотометрии:

+ видимая;

+ ближняя УФ;

+ ближняя ИК;

- рентгеновская;

- вакуумная УФ;

- радиочастотная.

30. Укажите диспергирующий элемент, который используется в монохроматорах серийных ААС спектрометров:

+ дифракционные решетки;

- светофильтры;

- интерференционные светофильтры;

- цветные стекла;

- стеклянная призма.

31. Укажите путь, который используется для учета фонового излучения пламени в ААС:

+ модуляция излучения лампы с полым катодом;

- использование дейтериевого корректора;

- добавление спектрохимических буферов;

- изменение напряжения на ФЭУ.

32. Укажите правильные утверждения:

+ ААС является одноэлементным методом анализа;

+ использование ЭТА обеспечивает более низкие пределы обнаружения, чем пламя;

+ процесс ионизации понижает аналитический сигнал в ААС;

- в ААС используются горелки прямого ввода.

33. Естественная ширина полосы поглощения определяется:

+ временем пребывания частицы в возбужденном состоянии;

- коэффициентом Эйнштейна;

- числом поглощающих частиц;

- энергией возбужденного состояния;

- интенсивностью поглощения.

34. В основе метода спектрофотометрии лежит процесс поглощения молекулами вещества фотонов:

+ УФ и видимого спектрального диапазона;

- видимого спектрального диапазона;

- УФ, видимого и ИК спектрального диапазона;

- видимого и ИК спектрального диапазона.

35. В каком виде хроматографии подвижной фазой является сжатый газ:

+ флюидная;

- газо-адсорбционная;

- газо-жидкостная;

- жидкостно-адсорбционная.

36. Хроматограмма – зависимость аналитического сигнала (сигнала прибора) от ...:

+ продолжительности элюирования;

- концентрации сорбента;

- продолжительности сорбции;

- концентрации элюента.

37. От чего зависит коэффициент распределения вещества между ПФ и НФ:

+ относительного сродства вещества к сорбенту и элюенту;

- концентрации сорбента;

- продолжительности элюирования;

- времени удерживания.

38. Чем определяется скорость движения частиц в электрохроматографии:

+ массой и зарядом частиц;

- концентрацией сорбента;

- размером частиц;

- поляризуемостью частиц.

4.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Промежуточная аттестация по дисциплине Аналитическая химия проводится на 3 курсе в форме экзамена (кандидатского экзамена по дисциплине), предусматривающего ответы на вопросы.

Вопросы для подготовки к сдаче экзамена (кандидатского экзамена) по дисциплине Аналитическая химия приведены в Программе кандидатского экзамена по Аналитической химии.

С целью оценки уровня знаний на экзамене (кандидатском экзамене) используется 5-балльная система в соответствии с критериями, представленными в таблице:

Критерии оценки

«Отлично»	Аспирант показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки
«Хорошо»	Аспирант овладел всеми вопросами дисциплины, показал основные умения и навыки
«Удовлетворительно»	Аспирант имеет недостаточно глубокие знания по разделам дисциплины, показал не все основные умения и навыки
«Неудовлетворительно»	Аспирант имеет проблемы по отдельным разделам дисциплины и не владеет основными умениями и навыками

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Рекомендуемая литература

При изучении дисциплины аспиранты используют основную и дополнительную литературу, рекомендованную преподавателем. Кроме того, преподаватель может рекомендовать аспиранту ознакомиться с дополнительными материалами методического характера.

Название электронного или печатного ресурса (основная или дополнительная)	**Тип**	**Кол-во экз.**
Основная литература: Основы аналитической химии. В 2-х книгах. Под ред. Ю.А. Золотова. М.:	печ.	2

Высшая школа, 2007.		
Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Ю.А. Золотова). М.: Высшая школа, 2001.	печ.	2
Кунце У., Шведт Г. Основы качественного и количественного анализа (перевод с нем.). М.: Мир, 1997.	печ.	1
Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. В 2-х книгах. М.: Химия. 1990.	печ.	1
Перес-Бендито Д., Сильва М. Кинетические методы в аналитической химии. М.: Мир, 1991.	печ.	1
Иоффе Б.В., Зенкевич И.Г., Кузнецов М.А., Берштейн И.Я. Новые физико-химические методы исследования органических соединений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984.	печ.	1
Кунце У., Шведт Г. Основы качественного и количественного анализа. М.: Мир, 1997. 424 с.	печ.	1
Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1987. 261 с.	печ.	1
Микрофлюизные системы для химического анализа. Под ред. Ю.А. Золотова и В.Е. Курочкина. М.:Физмат.2011	печ.	1
Ю.А. Золотов, Тест-методы анализа.	печ.	1
Дополнительная литература: *Форман Дж.*, Стокуэл П. Автоматический химический анализ. Пер. с англ. М.: Мир. 1978.	печ.	1
Тельдеши Ю. Радиоаналитическая химия. Пер. со словац. М.: Энергоатомиздат. 1987.	печ.	1
Золотов Ю.А. Аналитическая химия: проблемы и достижения. М.: Наука, 1992.	печ.	2
Сабадвари Ф., Робинсон А. История аналитической химии. Пер. с англ. М.: Мир, 1984.	печ.	1
Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2-х томах. Пер. с англ. М.: Мир. 1979.	печ.	2
Карпов Ю.А., Савостин А.П., Глинская И.В. Методы пробоотбора и пробоподготовки. Курс лекций. Изд-во МИСиС. 2001.	печ.	1
Пробоподготовка в микроволновых печах. Теория и практика. Под ред. Г.М. Кингстона и Л.Б. Джесси. Пер. с англ. М.:Мир. 1991.	печ.	1
Лейстнер Л. Буйташ П. Химия в криминалистике. М.: Мир. 1990.	печ.	1
Горелик Д.О., Конопелько Л.А., Панков Э.Д. Экологический мониторинг. В 2-х томах. С.-Петербург: Крисмас, 1998.	печ.	1
Аналитический контроль металлургического производства. Под ред. Ю.А. Карпова. М.: Металлургия. 1995.	печ.	1

5.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Федеральный портал «Российское образование» - http://www.edu.ru/;

2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - https://www.elibrary.ru/.

6. Требования к материально-техническому обеспечению программы

ИОНХ РАН располагает материально-технической базой, соответствующей требованиям материального обеспечения дисциплины.

Аудитории для проведения занятий оснащены компьютерами и проекторами для показа мультимедийных презентаций. Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к международным и российским научным базам данных и электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Лаборатории оснащены современными приборами для синтеза неорганических соединений и материалов: стеклянная и пластиковая химическая посуда отечественного и иностранного производства, спектральное и лабораторное оборудование для рутинных измерений, реакционные установки, вакуумные системы, лабораторные печи, хроматографы.

Материально-техническая база соответствует действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы аспирантов.

Автор(ы) программы:

Зав.ЦКП, гл.н.с. ИОНХ РАН
проф.РАН — В.Б. Барановская

Зав. Учебным центром — А.Н.Терехова