

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
аналитической химии

наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины



Елисеева Т.В.

подпись, расшифровка подписи

03.04.2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.12 Аналитическая химия

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки:

04.03.01 Химия

2. Профиль подготовки: Химия

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

1002 кафедра аналитической химии

6. Составители программы: Елисеева Татьяна Викторовна, кандидат химических наук, доцент; Карпов Сергей Иванович, доктор химических наук, доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: НМС химического факультета, 27.03.2025, протокол №10-03

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2027-2028

Семестр(ы): 5, 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- получение студентами знаний теоретических основ методов анализа и умений применять их на практике;
- приобретение навыков применения аналитического оборудования, математической обработки результатов химического анализа, представления результатов анализа;
- понимание обучающимися методологии аналитической химии, их умения выбрать подходящий метод анализа и разработать адекватную методику.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основ химических и физико-химических методов анализа, закономерностей химических реакций и физических явлений, лежащих в основе аналитических определений;
- обучение технике аналитического эксперимента, способам приготовления растворов, проведению основных аналитических операций;
- ознакомление с принципами и подходами к выбору методов анализа, разработке схемы аналитического процесса при определении состава и структуры конкретных объектов;
- привитие навыков использования аналитических приборов, реактивов и химической посуды при использовании методов разделения, концентрирования и определения компонентов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Блок Б1.О. Обязательная часть.

Для успешного обучения основам аналитической химии студент должен: иметь базовые знания фундаментальных разделов физики, общей, неорганической и физической химии, владеть математическим аппаратом и основами информатики в объеме, необходимом для освоения основных методов анализа. Знания, полученные в ходе изучения дисциплины, востребованы при изучении последующих курсов Б1.О.13 (Органическая химия), Б1.О.15 (Высокомолекулярные соединения), Б1.О.14 (Коллоидная химия), Б1.В.07 (Хроматография и капиллярный электрофорез), Б1.В.08 (Прикладной химический анализ), Б1.В.ДВ.03.01 (Стандартизация веществ и материалов), Б1.В.ДВ.03.02 (Синтетические композиционные материалы в химическом анализе). В результате освоения курса «Аналитическая химия» студенты должны овладеть основными понятиями аналитической химии, знаниями теоретических основ важнейших химических и физико-химических методов анализа, основами метрологии химического анализа, подходами к разработке схемы аналитического процесса, к выбору метода анализа, правилами и навыками работы с аналитическим оборудованием и химической посудой.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК-1.1	Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств	Знать: теоретические основы важнейших методов химического и физико-химического анализа Уметь: провести анализ полученных экспериментальных результатов, провести их обработку методами математической статистики, сравнить результаты с нормативами и стандартами в случае

			веществ и материалов;	необходимости Владеть: навыками использования полученных знаний в области аналитической химии для решения профессиональных задач химика в производственной деятельности
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК-1.2	Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии;	Знать: теоретические основы аналитической химии, фундаментальные понятия и законы аналитической химии Уметь: проводить необходимые расчеты аналитических систем для собственных экспериментов, грамотно применяя фундаментальные химические понятия; Владеть: общими подходами к интерпретации результатов химических экспериментов в практике установления состава и структуры химических соединений
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК-1.3	Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	Знать: современные направления развития аналитической химии, перспективы практического применения полученных результатов Уметь: систематизировать информацию, полученную из данных литературы и собственных экспериментальных работ, делать промежуточные и заключительные выводы о полученных результатах Владеть: аналитическим и синтетическим подходами при формулировке заключений и выводов по результатам проведенных аналитических экспериментов
ОПК-2	Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.1	Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	Знать: правила обращения с химическими веществами, химической посудой, приборами для аналитических измерений, нормы техники безопасности Уметь: проводить экспериментальные исследования с соблюдением норм безопасности, применять средства пожаротушения Владеть: навыками проведения отбора проб, извлечения, разделения, концентрирования, маскирования и определения веществ в аналитической химии
ОПК-2	Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование	ОПК-2.2	Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик;	Знать: правила техники безопасности работы в аналитической лаборатории, технику выполнения аналитических операций, применяемых в ходе синтеза веществ Уметь: грамотно пользоваться готовыми методиками, правильно проводить основные аналитические операции Владеть: методологией выполнения аналитического эксперимента, включая работу с требуемым оборудованием, химической посудой и реактивами

	процессов с их участием			
ОПК-2	Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.3	Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе;	Знать: основы техники химического эксперимента, важнейших операций химического и физико-химического анализа, Уметь: планировать и проводить требуемый химический эксперимент, используя теоретическую подготовку по аналитической химии Владеть: навыками выполнения стандартных аналитических операций, навыками применения методик химического анализа для исследования различных физико-химических процессов с использованием основных методов аналитической химии как классических, так и экспериментальных
ОПК-2	Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.4	Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования	Знать: подходы к идентификации, определению состава и структуры новых синтезируемых соединений и материалов Уметь: составить схему аналитического процесса, грамотно реализовать его с использованием серийного научного оборудования, обработать и интерпретировать полученные результаты Владеть: навыками разработки методик химического анализа для исследования различных физико-химических процессов с использованием основных методов аналитической химии
ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК-3.1	Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности;	Знать: теоретические основы аналитической химии для грамотного решения задач аналитической направленности при изучении процессов с участием химических веществ Уметь: применять полученные фундаментальные знания по аналитической химии при изучении свойств веществ и процессов с их участием. Владеть: навыками применения моделей аналитических систем при проведении расчетов pH, распределения концентраций компонентов, констант равновесий, растворимости и других величин.
ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК-3.2	Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности	Знать: возможности применения стандартных компьютерных программ для расчетов аналитических систем Уметь: решать аналитические задачи, проводить математическую обработку результатов анализа Владеть: навыками использования современной вычислительной техники для решения аналитических задач, построения аналитических моделей
ОПК-6	Способен представлять результаты своей	ОПК-6.1	Представляет результаты работы в виде отчета по	Знать: правила представления и обработки результатов аналитического эксперимента для оформления лабораторных работ,

	работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе		стандартной форме на русском языке	курсовых, ВКР и других отчетов в дальнейшей производственной деятельности Уметь: представлять результаты экспериментальной аналитической работы в виде курсовой работы на русском языке Владеть: навыками составления отчетов по результатам аналитического исследования с учетом стандартных требований
ОПК-6	Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.2	Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	Знать: правила работы с литературой по аналитической химии, основные источники получения аналитической информации Уметь: оформлять по ГОСТу литературные ссылки на русском и английском языке при выполнении курсовой работы по аналитической химии и в дальнейшей профессиональной деятельности Владеть: навыками работы с методической литературой в области аналитической химии, навыками представления аналитической информации.
ОПК-6	Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.3	Представляет результаты работы в виде тезисов доклада на русском и английском языке в соответствии с нормами и правилами, принятыми в химическом сообществе	Знать: нормы и правила оформления тезисов доклада и статей, принятые для публикаций в российских и зарубежных сборниках Уметь: применять полученные фундаментальные знания по аналитической химии при написании тезисов докладов и статей на русском и английском языках, предназначенных для публикации в российских и зарубежных сборниках, правильно пользоваться аналитической терминологией Владеть: навыками грамотного оформления и представления научных работ, предназначенных для публикаций в российских и зарубежных сборниках
ОПК-6	Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.4	Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках	Знать: правила IUPAC (Международного Союза теоретической и прикладной химии) для обозначения величин и параметров, применяемых в аналитической химии; Уметь: грамотно представлять аналитическую информацию при подготовке презентаций, использовать правильную терминологию, относящуюся к области аналитической химии Владеть: навыками описания исследуемых систем с использованием фундаментальных понятий и законов аналитической химии, навыками представления градуировочных графиков, распределительных диаграмм, данных математической обработки результатов.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 12 / 432.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) зачет (5, 6 сем.)/экзамен (5,6 сем.)

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	Трудоемкость	
			По семестрам	
			№ семестра 5	№ семестра 6
Контактная работа		288	162	126
в том числе:	лекции	90	54	36
	лабораторные	198	108	90
Самостоятельная работа		72	54	18
в том числе курсовая работа				х
Форма промежуточной аттестации (экзамены, зачеты – 72 часа)		72	36	36
Итого:		432	252	180

13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Введение в аналитическую химию	Аналитическая химия как наука. Предмет и задачи аналитической химии. Этапы исторического развития. Структура современной аналитической химии. Виды анализа. Методологические аспекты аналитической химии. Классификация методов аналитической химии. Требования к методам. Цели аналитического определения. Значение и области применения химического анализа.
1.2	Стадии аналитического процесса и метрологические вопросы аналитической химии	Стадии аналитического процесса. Отбор пробы. Подготовка пробы к анализу. Методы разложения в аналитической химии. Разделение концентрирование, маскирование. Измерение аналитического сигнала. Метрологические основы аналитической химии. Понятие предела обнаружения и чувствительности. Систематические и случайные ошибки. Устранение грубых промахов. Математическая обработка результатов анализа.
1.3	Химическое равновесие в реальных системах. Система осадок-раствор. Гравиметрические методы анализа.	Общая характеристика реакций в растворе. Химическое равновесие и закон действующих масс. Факторы, влияющие на равновесие: температура, ионная сила, конкурирующие химические реакции. Аналитическая и равновесная концентрация. Уравнение материального баланса. Условие электронейтральности. Константы равновесия. Классификация равновесий. Гетерогенное равновесие. Равновесие в системе осадок-раствор. Константа произведения растворимости. Понятие растворимости. Условие образования и растворения осадков. Факторы, влияющие на растворимость малорастворимого электролита. Гравиметрия. Методы осаждения и отгонки. Расчет результатов гравиметрических определений.

		Гравиметрический фактор. Требования к осадителю. Осаждаемая и гравиметрическая форма, требования к ним. Аморфные и кристаллические осадки, условия их получения. Понятие относительного пересыщения. Экспериментальный контроль размера частиц осадков. Механизм образования осадков. Причины загрязнения осадков. Типы соосаждения: адсорбция, изоморфизм, окклюзия, инклюзия. Гомогенное осаждение, или метод возникающих реагентов. Старение осадков. Промывание осадков. Термическая обработка осадков. Критический анализ гравиметрического метода и практическое применение гравиметрического метода.
1.4	Основные типы реакций, используемые в титриметрии. Титриметрические методы анализа.	Титриметрические методы анализа. Понятия титрования и титранта. Первичные и вторичные стандарты. Способы приготовления, требования к веществам, используемым в качестве первичных стандартов. Требования к реакциям в титриметрии. Классификация титриметрических методов: кислотно-основное титрование, окислительно-восстановительное титрование, комплексиметрия, осадительное титрование. Приемы титрования: прямое, обратное, косвенное. Методики пипетирования и отдельных навесок. Способы выражения концентрации в титриметрии: молярная концентрация эквивалентов, титр, титр по определяемому веществу. Понятия эквивалента и фактора эквивалентности. Закон эквивалентов. Расчеты в титриметрическом анализе. Существующие теории кислот и оснований. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Кислоты, основания, амфолиты. Автопротолиз воды. Соотношение между константой кислотности и константой основности сопряженной протолитической пары. Классификация растворителей по донорно-акцепторной способности по отношению к протону. Показатель кислотности среды. Расчет pH в растворах протолитов. Сильные и слабые кислоты и основания. Равновесия в растворах многоосновных кислот. Расчет pH в растворе многоосновной кислоты. Расчет pH в растворах амфолитов. Буферные растворы. Буферная емкость. Расчет pH в буферных растворах. Расчет pH в растворах гидролизующихся солей. Метод кислотно-основного титрования, или протолитометрия. Теории индикаторов в протолитометрии. Интервал перехода окраски индикатора. Кривые кислотно-основного титрования. Титрование сильных и слабых протолитов. Индикаторные ошибки в протолитометрии: водородная, гидроксильная, кислотная и основная. Графический и аналитический способы выявления ошибки. Комплексы в аналитической химии. Равновесия в растворах комплексных соединений. Константа устойчивости. Комплексонометрия. Свойства и типы комплексонов. Этилендиаминтетрауксусная кислота и ее динатриевая соль. Стандарты в комплексонометрии. Приемы титрования в комплексонометрии. Кривая комплексонометрического титрования. Индикаторы в комплексонометрии. Индикаторные ошибки. Применение комплексонометрии. Определение общей жесткости воды. Определение ионов металлов при совместном присутствии. Равновесия в окислительно-восстановительных системах. Окислительно-восстановительный потенциал. Уравнение Нернста. Направление окислительно-восстановительных реакций. Константа равновесия окислительно-восстановительной реакции. Окислительно-

		восстановительное титрование. Индикаторы: специфические и окислительно-восстановительные. Кривая окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия. Дихроматометрия. Иодометрия. Понятие об осадительном титровании. Аргентометрия. Меркурометрия. Кривые титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования.
1.5	Термические методы анализа	Термогравиметрия. Дифференциальный термический анализ. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Термометрическое титрование. Понятие о катарометрии и дилатометрии.
1.6	Методы маскирования, разделения и концентрирования	Классификация методов разделения. Методы разделения гетерогенных и гомогенных смесей. Методы разделения, основанные на образовании новой фазы. Методы разделения, основанные на распределении компонентов между двумя фазами. Методы разделения, основанные на индуцированном межфазном переносе из одной фазы в другую через разделяющую их третью. Методы внутрифазного разделения.
1.7	Хроматографические методы анализа	Введение в хроматографические методы анализа. История хроматографического метода анализа. Классификация хроматографических методов. Теоретические основы хроматографического анализа. Аналитический сигнал в хроматографии. Понятие теоретической тарелки и высоты, эквивалентной теоретической тарелке. Уравнение Ван Деемтера и оптимизация хроматографического процесса. Газовая хроматография, блок-схема установки, выбор газ-носителя, сорбента, детектора. Насадочные и капиллярные колонки. Качественный анализ в газовой хроматографии. Время удерживания, индексы Ковача. Количественный анализ. Жидкостная хроматография. Растворители для жидкостной хроматографии. Выбор сорбента. Модификация поверхности сорбента. Нормально-фазовая и обращенно-фазовая – виды высокоэффективной жидкостной хроматографии. Детекторы в жидкостной хроматографии. Ионообменники. Ионный обмен в аналитической химии. Ионообменная хроматография. Ионная хроматография. Сорбенты для ионной хроматографии. Двухколоночные и одноколоночные варианты ионной хроматографии. Детекторы в ионной хроматографии. Понятие о гель-хроматографии (эксклюзионной хроматографии). Планарная хроматография. Виды бумажной хроматографии. Тонкослойная хроматография. Высокоэффективная тонкослойная хроматография. Основы выбора оптимального метода хроматографического анализа.
1.8	Спектральные методы анализа	Введение в спектральный анализ. Основные понятия метода. Классификация спектральных методов анализа по длинам волн (частотам, энергиям), механизму взаимодействия электромагнитного поля с веществом. Атомная и молекулярная спектроскопия. Эмиссионный спектральный анализ. Атомизаторы. Ионизация. Способы монохроматизации и регистрации спектров. Качественный и количественный атомно-эмиссионный анализ. Фотометрия пламени. Атомно-абсорбционный анализ. Закон светопоглощения в линейной и экспоненциальной форме. Отклонения от линейности при светопоглощении. Аналитический сигнал в абсорбционной спектроскопии и причины его уширения. Фотометрический анализ. Выбор светофильтров. Чувствительность фотометрического определения. Определение молярного коэффициента светопоглощения. Качественный и количественный фотометрический анализ.

		Роль монохроматичности в абсорбционной спектроскопии. Спектрофотометрический анализ. Анализ многокомпонентных систем. Колебательная спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния. Идентификация веществ методом инфракрасной спектроскопии. Люминесцентный анализ. Фотопроцессы в молекулах. Резонансная спектроскопия, флуоресцентная и фосфоресцентная спектроскопия. Виды тушения. Особенности аппаратуры в люминесцентном анализе. Масс-спектроскопия. Хромато-масс-спектроскопия.
1.9	Электрохимические методы анализа	Введение в электрохимические методы анализа. Классификация электрохимических методов анализа. Потенциометрический анализ. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Ионоселективные электроды. Стекланный электрод и его теория. Ионметрия и потенциометрическое титрование. Электрохимические сенсоры. Мультисенсорные системы. Вольтамперометрия. Ртутный капаящий электрод и полярографический анализ. Твердые электроды. Потенциал полуволны и качественный вольтамперометрический анализ. Предельный диффузионный ток. Количественный вольтамперометрический анализ. Понятие об инверсионной вольтамперометрии. Амперометрическое титрование. Электрогравиметрический анализ. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Прямая кондуктометрия. Кондуктометрическое титрование. Высокочастотное кондуктометрическое титрование.
2. Лабораторные работы		
2.1	Введение в аналитическую химию	Техника аналитического эксперимента. Основные правила техники безопасности при работе в аналитической лаборатории. Взвешивание на технических и аналитических весах.
2.2	Стадии аналитического процесса и метрологические вопросы аналитической химии	Правила работы с точной химической посудой. Калибрование точной мерной посуды.
2.3	Химическое равновесие в реальных системах. Система осадок-раствор. Гравиметрические методы анализа.	Определение содержания бария в кристаллогидрате $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с использованием метода осаждения. Определение кристаллизационной воды в кристаллогидрате $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ методом отгонки.
2.4	Основные типы реакций, используемые в титриметрии. Титриметрические методы анализа.	Протолитометрия. Приготовление и стандартизация растворов протолитов. Определение временной (карбонатной) жесткости воды. Определение двух протолитов при совместном присутствии с использованием двух индикаторов. Комплексонометрия. Стандартизация раствора трилона Б. Определение общей жесткости воды. Комплексонометрическое определение ионов различных металлов в многокомпонентных системах (контрольная работа по вариантам). Окредметрия. Перманганатометрия. Стандартизация раствора перманганата калия. Перманганатометрическое определение содержания ионов железа в растворе. Иодометрия. Стандартизация раствора тиосульфата натрия. Иодометрическое определение ионов меди в растворе. Определение пероксида водорода. Осадительное титрование. Определение содержания

		хлорид-ионов в природных водах.
2.5	Термические методы анализа	-
2.6	Методы маскирования, разделения и концентрирования	Экстракция. Определение микроколичеств иодид-ионов в присутствии макроколичеств хлорид- и бромид-ионов.
2.7	Хроматографические методы анализа	Правила работы на хроматографе. Техника безопасности при работе в лаборатории хроматографических методов анализа. Газохроматографический анализ смеси спиртов. Разделение ионов цинка и никеля на анионообменнике. Определение смеси аминокислот методом бумажной хроматографии.
2.8	Спектральные методы анализа	Фотометрия. Определение ионов железа в растворе методом фотометрии. Определение ионов меди в растворе методом фотометрии. Пламенная эмиссионная спектроскопия. Определение ионов натрия и калия. Количественный анализ соединений хрома и марганца при совместном присутствии методом спектрофотометрии. Определение содержания ароматической аминокислоты методом спектрофотометрии.
2.9	Электрохимические методы анализа	Потенциометрическое титрование ионов железа раствором бихромата калия. Определение нитрат-ионов в растворе с использованием нитрат-селективного электрода. Кулонометрическое титрование ионов меди в растворе.

13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в аналитическую химию	4	6	6	16
2	Стадии аналитического процесса и метрологические вопросы аналитической химии	6	10	8	24
3	Химическое равновесие в реальных системах. Система осадок-раствор. Гравиметрические методы анализа.	8	20	10	38
4	Основные типы реакций, используемых в титриметрии. Титриметрические методы анализа.	22	60	18	100
5	Термические методы анализа	4	0	4	8
6	Методы маскирования, разделения и концентрирования	10	12	8	30
7	Хроматографические методы анализа	16	30	8	54
8	Спектральные методы анализа	12	32	6	50
9	Электрохимические методы анализа	8	28	4	40
Итого:		90	198	72	360

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В учебном процессе используются следующие виды деятельности: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студентов.

Основными учебными материалами при освоении дисциплины «Аналитическая химия» являются конспекты лекций 5 и 6 семестров, учебно-методические пособия для выполнения лабораторных работ по классическим и физико-химическим методам анализа, методические пособия с контрольными заданиями для текущей аттестации, основная литература, приведенная в настоящей Программе, а также дополнительная литература для самостоятельной работы учащихся. Самостоятельная работа по изучению дисциплины проводится с использованием рекомендуемого списка литературы и электронных ресурсов, указанных в разделе 15в. Для самостоятельного изучения отводятся темы, хорошо разработанные в учебных пособиях, научных монографиях и не могут представлять особенных трудностей при изучении.

Текущая аттестация направлена на контроль приобретенных знаний и навыков. Для успешного освоения дисциплины курсом предусмотрены следующие формы текущей аттестации: контрольная работа 1, контрольные работы (коллоквиумы) 2-3, выполнение курсовой работы в 6 семестре. Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются в балльной системе и могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей. Для лиц с нарушением слуха информация по учебной дисциплине предоставляется на бумажном или электронном носителе, допускается присутствие ассистентов и сурдопереводчиков на занятиях. Промежуточная аттестация для таких студентов проводится в письменной форме с общими критериями оценивания; при необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации с использованием программ-синтезаторов речи, а также использование звукозаписывающих устройств на лекциях. На занятиях также может присутствовать ассистент. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование; время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Студенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата могут проходить часть занятий дистанционно. Промежуточная аттестация для них проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Основы аналитической химии : в 2 т. : учебник: для студ. вузов, обуч. по хим. направлениям / под ред. Ю. А. Золотова. – Москва : Академия, 2014. – (Высшее образование. Естественные науки). – Т. 1 / [Т. А. Большова и др.] - 6-е изд., перераб. и доп. - 2014. – 390 с. - Т. 2 / [Н. В. Алов и др.] -6-е изд., перераб. и доп. - 2014. – 409 с.
2	Аналитическая химия. Методы идентификации и определения веществ : Учебник для вузов / М.И. Булатов, А.А. Ганеев, А.И. Дробышев [и др.]; под ред. Л. Н. Москвина. – 4-е изд. – Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2022. – 584 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Кристиан Г. Аналитическая химия= Analytical Chemistry : в 2-х т. / Г. Кристиан ; пер. с англ. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – Т.1. – 623 с. ; Т.2. – 504 с.
4	Аналитическая химия. Проблемы и подходы : в 2-х кн. / под. ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г.М. Видмера. – Москва : Мир, АСТ. – 2004. – Т.1. – 608 с. ; Т.2. – 728 с.
5	Основы аналитической химии : практическое руководство : учеб. пособие для студентов университетов и вузов, обуч. по хим.-технол., с.-х, мед., фармацевт. специальностям / Ю.А. Барбалат [и др.]; под ред. Ю.А. Золотова. - М. : Высш. шк., 2001. – 463 с.
6	Аналитическая химия. Методы разделения веществ и гибридные методы анализа : Учебник / И.Г. Зенкевич, Л.А. Карцова, Л.Н. Москвин [и др.]; под ред. Л.Н. Москвина. – СПб: Издательство «Лань», 2019. – 332 с.

7	Аналитическая химия : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по химико-технологическим направлениям и специальностям : в трёх томах / Под ред. проф. А. А. Ищенко. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2019. – Т.1(Химические методы анализа) – 456 с. – 2019. –Т.2 (Инструментальные методы анализа. Часть 1) – 472 с. – 2020. – Т.3 (Инструментальные методы анализа. Часть 2). – 504 с.
8	Основы аналитической химии : задачи и вопросы : учеб. пособие для студ. университетов, хим.-технол, пед., с.-х., мед., и фармацевт. вузов / В.И. Фадеева [и др.] ; под ред. Ю.А. Золотова. - М. : Высш. шк., 2002. – 411 с.
9	Сабадвари Ф. История аналитической химии / Ф. Сабадвари, А. Робинсон. – Москва : Мир, 1984. – 303 с.
10	Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – Москва : Химия, 1989. – 446 с.
11	Золотов Ю. А. О химическом анализе и о том, что вокруг него / Ю. А. Золотов. – Москва : Наука, 2004. – 432 с.
12	Прикладной химический анализ : практическое руководство / Под ред. Т. Н. Шеховцовой, О. А. Шпигуна, М. В. Попика. – Москва : Изд-во МГУ, 2010. – 456 с.
13	Классические методы анализа. Практические работы по аналитической химии : учебно-методическое пособие / составители: Т.В. Елисеева [и др.]. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2016. – 135 с.
14	Методы разделения и выделения веществ в химии, медицине, промышленном производстве / [сост. Т. В. Елисеева [и др.]; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. – 62 с.
15	Будников Г. К. Основы современного электрохимического анализа / Г. К. Будников, В. Н. Майстренко, М. Р. Вяселев. – Москва : Мир, 2003. – 591 с.
16	Электрохимические методы анализа: учебное пособие. / Т.В. Елисеева [и др.].– Воронеж : издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018. – 96 с.
17	Бобрешова О. В. Потенциометрические сенсоры на основе ионообменников для анализа водных растворов / О. В. Бобрешова, А. В. Паршина. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета., 2012. – 154с.
18	Потенциометрические методы анализа лекарственных веществ : учебное пособие / сост. В. И. Васильева [и др.]. ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2015. – 106 с.
19	Спектральные методы анализа: учеб.-метод. пособие / В. И. Васильева [и др.] – Воронеж : Научная книга, 2011. – 212 с.
20	Беккер Ю. Спектроскопия / Ю. Беккер. – М. : Техносфера, 2017. – 528с.ISBN 978-5-94836-220-5
21	Экман Р. Масс-спектрометрия: аппаратура, толкование и приложения / Р. Экман, Е. Зильберинг, Э. Вестман-Бринкмальм, А. Край. – М. : Техносфера, 2013. – 368с.ISBN 978-5-94836-364-6
22	Беккер Ю. Хроматография. Инструментальная аналитика: Методы хроматографии и капиллярного электрофореза / Ю. Беккер. – М. : Техносфера, 2009. – 472с.ISBN 978-5-94836-212-0
23	Практическая газовая и жидкостная хроматография : учеб. пособие / Б. В. Столяров [и др.] – Санкт-Петербург : издательство Санкт-Петербургского университета. – 2002. – 610 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
24	Золотов Ю. А., Очерки истории аналитической химии [Электронный ресурс] / Ю. А. Золотов - М. : Техносфера, 2018. - 262 с. - ISBN 978-5-94836-516-9 - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365169.html
25	Миронов И. В., Справочные данные для расчетов в аналитической химии [Электронный ресурс]: учеб. - метод. пособие. 5-е изд., перераб. и доп. / Миронов И. В. - Новосибирск : РИЦ НГУ, 2018. - 152 с. - ISBN -- - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ngu013.html
26	Васюкова А.Т., Аналитическая химия [Электронный ресурс]: Учебник для бакалавров / Васюкова А.Т. - М. : Дашков и К, 2019. - 156 с. - ISBN 978-5-394-02837-3 - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394028373.html
27	Александрова Т.П., Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Т. П. Александрова. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - 106 с. - ISBN 978-5-7782-3033-0 - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778230330.html

28	Валова В.Д., Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] / В. Д. Валова (Копылова). - М. : Дашков и К, 2017. - 200 с. - ISBN 978-5-394-01301-0 - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394013010.html
29	Майер В.Р., Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография [Электронный ресурс] / В. Р. Майер. - М. : Техносфера, 2017. - 408 с. - ISBN 978-5-94836-480-3 - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364803.html
30	Лебедев А.Т. Основы масс-спектрометрии белков и пептидов : учебное пособие / А.Т. Лебедев, К.А. Артеменко, Т.Ю. Самгина. - Москва : Техносфера, 2012. - 180 с. - ISBN 978-5-94836-334-9; Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233467
31	Современные методы структурного анализа веществ : учебник / М. Ф. Куприянов, А. Г. Рудская, Н. Б. Кофанова [и др.]; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2009. - 288 с. ISBN 978-5-9275-0653-8; Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241003
32	Зональная научная библиотека ВГУ, www.lib.vsu.ru
33	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека on-line», http://biblioclub.ru
34	Электронно-библиотечная система «Консультант студента», http://www.studmedlib.ru
35	Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ» http://rucont.ru
36	Электронный университет https://edu.vsu.ru
37	ЭУМК Аналитическая химия на основе курса https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10727

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Дорохова Е. Н. Задачи и вопросы по аналитической химии / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М. : Мир, 2001. – 267 с.
2	Практические работы по аналитической химии: Титриметрические методы анализа : учебно-методическое пособие по направлению подготовки / специальности «Химия» и «Фундаментальная и прикладная химия» / сост.: Т. В. Елисеева [и др.]/ - Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2015, - 97с.
3	Физико-химические методы анализа. Практические работы по аналитической химии : учебное пособие / С.И. Карпов, Т.В. Елисеева, Н.А. Беланова, И.В. Воронюк [и др.] ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2024. – 199 с.
4	Елисеева Т. В. Контрольные задания по курсу «Аналитическая химия» / Т. В. Елисеева, А. Н. Зяблов, А. В. Калач. – Воронеж : ВГУ, 2011. – 40 с.
5	Никулина А. В. Кривые титрования : учебное пособие / А. В. Никулина, Т. А. Кучменко. - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2011. - 151 с. - ISBN 978-5-89448-895-0 ; Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141918 .
6	Аналитическая химия: задачи, тесты, контрольные работы : учебное пособие / сост. Т. А. Крысанова [и др.] ; Воронежский государственный университет. – Воронеж, 2016. – 103 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины применяются различные типы лекций (вводная, обзорные, тематические, проблемные) и лабораторные занятия. Для самостоятельной работы рекомендуется список литературы. При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала, проведения текущей и промежуточной аттестации, проведения части лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное

взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций, взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров. Для освоения дисциплины также рекомендуются другие ресурсы для электронного обучения (п. 15).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (ауд.439): доска меловая, мультимедиа проектор, ноутбук, экран, периодическая таблица элементов

Лаборатории для практикума по аналитической химии (лаб. 447, 449, 450, 453), лаборатории для пробоотбора (442, 452), лаборантская (лаб. 448): лабораторная мебель, вытяжные шкафы, весы аналитические OHAUS PA64C и др.; весы технические; дистилляторы лабораторные; ионометры ЭВ-74; pH-метры ИЭ-160МИ, pH-метр-иономер «Эксперт-001»; кулонометрические установки; фотоэлектроколориметры КФК-2; пламенные анализаторы жидкости ПАЖ-1, ПАЖ-2, ПФА-378; спектрофотометры СФ-26, СФ-56, СФ-2000; хроматографы газовые Chrom-4, Chrom-5; хроматографические колонки; ионообменные колонки; хроматографическая бумага; сушильные шкафы LF60/350-VG1, муфельные печи LF-7/11-G1; нагревательные приборы; химические реактивы; наборы химической посуды; хлоридсеребряные электроды сравнения и различные ионоселективные электроды.

Читальный зал ЗНБ ВГУ

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

По решению кафедры оценки за экзамен/зачет/зачет с оценкой могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре, но не ранее, чем на заключительном занятии. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать экзамен/зачет/зачет с оценкой на общих основаниях.

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства для текущей атт.
1	Введение в аналитическую химию	ОПК-1, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Индивидуальный опрос
2	Стадии аналитического процесса и метрологические вопросы аналитической химии	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-3.1, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Лабораторная работа по калиброванию точной мерной посуды. Отчет по работе Реферат по математической обработке результатов Индивидуальный опрос
3	Химическое равновесие в реальных системах. Система осадок-раствор. Гравиметрические методы анализа.	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Лабораторные работы по гравиметрическому анализу. Отчеты по работам Тест 1
4	Основные типы реакций, используемые в титриметрии. Титриметрические	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-3.1, ОПК-3.2,	Лабораторные работы по титриметрическому анализу. Отчеты по работам Контрольная работа №1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства для текущей атт.
	методы анализа.		ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	
5	Термические методы анализа	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4,	Индивидуальный опрос
6	Методы маскирования, разделения и концентрирования.	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Индивидуальный опрос Лабораторная работа по методу экстракции. Отчет по работе
7	Хроматографические методы анализа	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Лабораторные работы по методу хроматографии. Отчеты по работам Контрольная работа №2 Курсовая работа
8	Спектральные методы анализа	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Лабораторные работы по спектральным методам анализа. Отчеты по работам Контрольная работа №3 Курсовая работа
9	Электрохимические методы анализа	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Лабораторные работы по электрохимическим методам анализа. Отчеты по работам Тест 2 Индивидуальный опрос Курсовая работа
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, экзамен				Перечень вопросов для экзаменов, зачетов

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины, осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); письменных работ (контрольная и реферат), коллоквиумов, отчетов по лабораторным работам); оценки результатов практической деятельности (курсовая работа).

Перечень заданий для контрольных работ(коллоквиумов), тем рефератов, курсовых

Перечень заданий для контрольных работ

Контрольная работа №1

Описание технологии проведения контрольной работы.

Проводится в письменной форме по вариантам, преподаватель контролирует самостоятельность решения задач каждым студентом, проверяет выполненные задания и организует работу над ошибками группы в аудитории

Вариант № 1.

1. Рассчитайте pH 0.1 М раствора азотистой кислоты; $K_{\text{HNO}_2} = 6.9 \cdot 10^{-4}$.
2. Определить скачок титрования при нейтрализации 0.01 М раствора HCl 0.01 М раствором NaOH и подобрать индикатор для этого титрования ($V_{\text{HCl}} = 25.00 \text{ см}^3$).
3. 0.01 М раствор HCl титруют 0.01 М раствором NaOH с индикатором фенолфталеином ($pT = 9$). Рассчитать индикаторную ошибку.

Вариант № 2.

1. Определите pH в 0.1 М растворе CH_3COONa . $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1.74 \cdot 10^{-5}$.
2. Определить скачок титрования при нейтрализации 25.00 см³ 0.1 М раствора NH_4OH 0.05 М раствором HCl и подобрать индикатор.
3. Вычислить погрешность титрования 20.00 см³ 0.1 М раствора NH_4OH 0.2 М раствором HCl до pH 4.

Вариант № 3.

1. Рассчитать pH 0.1 М раствора Na_2CO_3 ; $K_{\text{HCO}_3^-} = 4.8 \cdot 10^{-11}$.
2. Вычислить pH раствора, полученного при титровании, когда к 20.00 см³ 0.2 М раствора HCl добавлен 0.2 М раствор NaOH в количестве: а) 20.00 см³; б) 21.00 см³.
3. Вычислить индикаторную погрешность при титровании 0.1 М раствора NaOH 0.1 М раствором HCl с индикатором метиловым красным ($pT = 5$).

Вариант № 4.

1. К 0.01 М раствору уксусной кислоты прибавили такой же объем 0.1 М раствора ацетата калия. Рассчитайте pH.
2. Рассчитать pH раствора, полученного при титровании в момент, когда к 15.00 см³ 0.02 М раствора HCl добавлено 10.00 см³ 0.15 М раствора NaOH.
3. Можно ли точно оттитровать 0.01 М раствор NH_4OH 0.01 М раствором HCl с фенолфталеином ($pT = 9$)?

Вариант № 5.

1. Какая навеска хлорида аммония должна быть растворена в 100 см³ его раствора, чтобы pH раствора был равен 5.6?
2. Вычислить величину навески химически чистого CaCO_3 , если после обработки ее 50.00 см³ 0.2 М раствора HCl на титрование остатка кислоты израсходовано 10.00 см³ раствора NaOH. Установлено, что на титрование 25.00 см³ NaOH расходуется 24.00 см³ HCl.
3. Вычислить титр раствора HCl, если на титрование 10.00 см³ его расходуется 12.00 см³ раствора NaOH с титром 0.004000 г/см³.

Вариант № 6.

1. Рассчитайте pH 0.1 М раствора KCN; $K_{\text{HCN}} = 6.2 \cdot 10^{-10}$.
2. Рассчитать pH раствора, полученного при добавлении 15.00 см³ 0.1 М раствора NaOH к 20.00 см³ 0.1 М раствора CH₃COOH.
3. Какой объем 0.0995 М раствора NaOH потребуется для нейтрализации примеси муравьиной кислоты в формалине, навеска которого равна 10.0000 г? Массовая доля кислоты – 0.04 %.

Вариант № 7.

1. Рассчитать pH в 0.01 М растворе NaHCO₃,
 $K_1 \text{ H}_2\text{CO}_3 = 4.5 \cdot 10^{-7}$, $K_2 \text{ H}_2\text{CO}_3 = 4.8 \cdot 10^{-11}$.
2. Вычислить pH раствора, полученного при титровании в момент, когда к 20.00 см³ 0.2 М раствора HCl добавлен 0.2 М раствор NaOH объемом: а) 17.00 см³; б) 20.00 см³.
3. Вычислить массовую долю Na₂CO₃ в образце технической соды, если навеска образца равна 0.2005 г и на титрование ее с метиловым оранжевым израсходовано 20.00 см³ 0.1010 М раствора HCl.

Вариант № 8.

1. Определить pH в растворе HCl с концентрацией 10^{-7} моль/дм³.
2. Вычислить pH раствора, полученного при титровании в момент, когда к 20.00 см³ 0.1 М раствора CH₃COOH прибавлен 0.1 М раствор NaOH в объеме: а) 18.00 см³; б) 20.00 см³; в) 21.00 см³.
3. Рассчитайте индикаторную погрешность при титровании 0.2 М раствора HCl 0.2 М раствором NaOH с индикатором метиловым красным (pT = 5).

Вариант № 9.

1. Какую навеску ацетата калия следует растворить в 500 см³ раствора, чтобы pH раствора был равен 9?
2. Определить скачок титрования при нейтрализации 0.05 М раствора CH₃COOH 0.1 М раствором NaOH и подобрать индикатор.
(V (CH₃COOH) = 20.00 см³).
3. Навеску Na₂CO₃ массой 0.6800 г растворили в мерной колбе вместимостью 250 см³; 25.00 см³ этого раствора оттитровали 24.50 см³ раствора HCl в присутствии метилового оранжевого. Вычислить молярную концентрацию эквивалентов раствора Na₂CO₃, его титр, а также титр раствора HCl.

Вариант № 10.

1. Сколько граммов раствора KOH плотностью 1.310 г/см³ следует взять для анализа на содержание в нем KOH, чтобы на титрование полученного из взятой навески раствора расходовалось около 15 см³
☐ 0.2 М соляной кислоты?
2. Рассчитать pH начала (а) и конца (б) скачка, а также точки эквивалентности (в) при титровании 30.00 см³ 0.08 М раствора муравьиной кислоты 0.05 М раствором NaOH с учетом изменения объема (pK_{нсоон} = 3.75).
3. Вычислить индикаторную ошибку титрования 0.08 М HCOOH 0.08 М раствором NaOH с метиловым оранжевым (pT = 4; pKa = 3.75).

Вариант № 11.

1. К раствору (NH₄)₂SO₄ было добавлено 25.00 см³ раствора NaOH (T_{NaOH} = 0.009021 г/см³). Затем кипячением из раствора был удален NH₃; на оттитровывание оставшегося избытка NaOH

пошло 6.30 см³ раствора HCl, $T_{\text{HCl}} = 0.007860 \text{ г/см}^3$. Вычислить содержание (NH₄)₂SO₄ в растворе.

2. Рассчитайте pH в растворе, полученном при титровании 0.03 М раствора NH₄OH 0.02 М раствором HCl, когда степень оттитрованности (f) составляет: а) 0.90; б) 0.99; в) 1.00.
3. Сколько граммов CH₃COONa должно содержаться в 0.5 дм³ раствора, чтобы получить pH 9.12?

Вариант № 12.

1. Рассчитать pH для смеси 1 дм³ 0.02 М раствора хлорноватистой кислоты и 1 дм³ 0.2 М раствора ее калиевой соли.
2. Пробу массой 1.0100 г, содержащую азотную кислоту, смешали с 25.00 см³ 0.5020 М раствора NaOH. Оставшийся после реакции избыток NaOH оттитровывали 10.50 см³ 0.1010 М HCl. Вычислить массовую долю HNO₃ в пробе.
3. Можно ли точно оттитровать 0.01 М раствор CH₃COOH 0.01 М раствором NaOH с нейтральным красным (pT = 7)? Подтвердите расчетом.

Вариант № 13.

1. Рассчитать pH в растворе NH₄Cl с концентрацией 0.01 М.

$$K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1.75 \cdot 10^{-5}.$$

2. Рассчитайте скачок титрования 20.00 см³ CH₃COOH (C₀ = 0.01 М) 0.02 М раствором NaOH.
3. Определите индикаторную ошибку при титровании 0.01 М раствора NaOH 0.01 М раствором HCl с фенолфталеином (pT = 9).

Вариант № 14.

1. Рассчитайте pH в 0.1 М растворе Na₂SO₃; $K_{\text{HSO}_3^-} = 6.2 \cdot 10^{-10}$.
2. Вычислить pH раствора HCl, титруемого 0.1 М раствором NaOH, когда степень оттитрованности (f) равна: а) 0.8; б) 1.1. (C₀(HCl) = 0.1 М).
3. 0.01 М раствор HCl титруют 0.01 М раствором NaOH с индикатором бромфеноловым синим (pT = 3.8). Рассчитать индикаторную ошибку.

Требования к выполнению и оценки заданий контрольной работы:

Отлично. Успешное применение теоретических и практических знаний для решения заданий контрольной работы. Решение всех задач выполнено без ошибок и неточностей.

Хорошо. Выполнение всех заданий, предусмотренных в контрольной работе. Допущены незначительные ошибки и неточности.

Удовлетворительно. Решение неполное, без обоснований и объяснений.

Неудовлетворительно. Нет решений задач контрольной работы. При решении задач и ответах на вопросы контрольной работы допущены грубые, принципиальные ошибки.

Контрольная работа № 2 (коллоквиум)

Описание технологии проведения контрольной работы.

Проводится в виде индивидуального собеседования по хроматографическим методам с каждым студентом.

Перечень заданий для коллоквиума

1. Определение хроматографии как гибридного метода анализа, классификации хроматографических методов.
2. Теория теоретических тарелок в хроматографии.
3. Кинетическая теория хроматографии.

4. Качественный и количественный хроматографический анализ.
5. Газо-адсорбционная хроматография.
6. Газо-жидкостная хроматография.
7. Жидкостно-твердофазная хроматография.
8. Жидкостно-жидкостная хроматография.
9. Высокоэффективная жидкостная хроматография.
10. Ионнообменная хроматография.
11. Ионная хроматография.
12. Эксклюзионная хроматография. Общие принципы метода.
13. Бумажная хроматография.
14. Тонкослойная хроматография.
15. Хромато-масс-спектрометрия.

Контрольная работа № 3 (коллоквиум)

Описание технологии проведения контрольной работы.

Проводится в виде индивидуального собеседования по спектральным методам с каждым студентом

Перечень заданий к коллоквиуму

1. Классификация методов спектроскопии. Спектры испускания, поглощения и рассеяния. Структура атомных и молекулярных спектров.
2. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Атомизаторы. Метрологические характеристики и аналитические возможности атомно-эмиссионного метода анализа.
3. Метод фотометрии пламени.
4. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Атомизаторы. Метрологические характеристики и аналитические возможности атомно-абсорбционного метода.
5. Закон светопоглощения в молекулярной абсорбционной спектроскопии. Причины отклонения от основного закона светопоглощения.
6. Абсорбционная спектроскопия в УФ и видимой областях. Основы метода. Аппаратура для спектрофотометрии и фотометрии. Метрологические характеристики методов.
7. Инфракрасная спектроскопия. Принцип и основы метода. Техника и практическое применение.
8. Спектроскопия комбинационного рассеяния (рамановская спектроскопия).
9. Люминесцентная спектроскопия. Основы метода.
10. Понятие о масс-спектрометрии. Возможности метода.

Требования к выполнению заданий контрольных работ 2 и 3 (коллоквиумов) (шкалы и критерии оценивания):

- **Зачтено**. Выставляется студенту, если он знает теоретические основы метода, представил полный аргументированный ответ на вопрос контрольной работы, ответил на дополнительные вопросы.
- **Не зачтено**. выставляется студенту, если он не смог ответить на предложенный вопрос контрольной работы и затрудняется ответить на дополнительные вопросы преподавателя.

Примеры вопросов, задаваемых в ходе проведения Отчетов по лабораторным работам:

1. Охарактеризуйте используемый в работе метод анализа.
2. Приведите схему аналитического процесса в данной работе.
3. Какая величина является аналитическим сигналом на стадии измерения.
4. Опишите стадию пробоподготовки.
5. Как готовились растворы для построения градуировочного графика?
6. Как определяли количественное содержание целевого компонента в анализируемом растворе.
7. Какие величины могут использоваться для оценки воспроизводимости анализа? Что такое воспроизводимость.
8. Укажите причины низкой воспроизводимости.
9. Как оценить наличие грубых промахов в полученной выборке?
10. Сделайте вывод о точности проведенного анализа.
11. Какой точной химической посудой Вы пользовались в данной работе?

Описание технологии проведения отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе сдается устно с демонстрацией оформленного лабораторного журнала, в котором должно быть отражено: название, цель, задачи работы; краткая характеристика используемого метода анализа; список посуды, реактивов и оборудования; этапы выполнения анализа, его результаты с математической обработкой; сравнение полученного содержания вещества в объекте с данными лаборанта (преподавателя) и с нормативными документами (ПДК) при анализе реальных объектов; выводы. Отчет включает ответы на дополнительные вопросы преподавателя.

Требования к лабораторной работе и отчету по лабораторной работе

Лабораторная работа считается выполненной (ставится зачет), если лабораторный журнал содержит все перечисленные сведения о работе, полученные результаты не противоречат реальному содержанию вещества в анализируемом объекте, а студент ответил на дополнительные вопросы по работе, дал характеристику используемого метода.

Курсовая работа

Описание технологии проведения курсовой работы.

Курсовая работа проводится в шестом семестре. Каждый студент получает индивидуальное задание (Тему и план выполнения курсовой работы, список литературы), требующее применения полученных знаний, умений и навыков в курсе «Аналитическая химия». Защита курсовых работ проходит с презентацией результатов каждым студентом. Оценка зависит не только от экспериментально полученных результатов, но и от уровня владения материалом, от ответов на вопросы преподавателя, от качества оформления и представления работы. Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100-2018, с использованием обозначений и терминов согласно правилам IUPAC.

Темы курсовых работ (примеры):

1. Спектрофотометрическое определение ароматической аминокислоты в водном растворе.
2. Потенциометрическое определение констант основности катионообменника.
3. Определение обобщенных показателей содержания органических веществ в природной воде.
4. Фотометрическое определение глицина в виде медного комплекса.
5. Определение общего солесодержания и содержания главных ионов в воде Воронежского водохранилища.
6. Анализ изменения структуры низкоосновного анионообменника при сорбции формальдегида методом ИК-спектроскопии.
7. Разделение тирозина и минеральной соли методом электродиализа.
8. Определение щелочности и жесткости водопроводной воды в разных районах г. Воронежа
9. Оценка содержания ионов тяжелых металлов в воде Воронежского водохранилища.
10. Установление содержания нитрат-ионов в плодоовощной продукции с использованием метода ионометрии.
11. Анализ минерального состава молочной сыворотки.
12. Разделение ароматической аминокислоты и хлорида натрия методом диализа.
13. Разделение полифенольных соединений методом тонкослойной хроматографии.
14. Спектрофотометрическое определение флавоноидов в неводных растворителях.

Требования к выполнению курсовой работы и критерии оценивания курсовой работы:

Отлично. Успешное применение теоретических и практических знаний для выполнения курсовой работы. Курсовая выполнена полностью в соответствии с поставленным заданием. Экспериментальные результаты статистически обработаны и проанализированы. При выполнении исследования соблюдались правила техники эксперимента и техники безопасности аналитических работ. Работа правильно оформлена и защищена. На защите студент показывает владение знаниями, умениями и навыками, заявленными в соответствии с компетенциями, развиваемыми в рамках освоения дисциплины.

Хорошо. Выполнен весь объем курсовой работы, предусмотренный преподавателем. Допущены незначительные ошибки и неточности в эксперименте. Экспериментальные результаты статистически обработаны и проанализированы. При выполнении исследования соблюдались правила техники эксперимента и техники безопасности аналитических работ. Работа правильно оформлена и защищена.

Удовлетворительно. Курсовая работа выполнена и защищена, но результаты представлены без обоснований и объяснений. Есть претензии по оформлению. Обучающиеся не отвечают на вопросы преподавателя и не могут применить полученные знания, умения и навыки по курсу для интерпретации полученных данных.

Неудовлетворительно. Курсовая работа не сделана или сделана на низком теоретическом и экспериментальном уровне. При защите допущены грубые, принципиальные ошибки.

Реферат

Описание технологии работы над рефератом

Реферат «Математическая обработка результатов химического анализа» включает выполнение индивидуального задания для каждого студента – полную обработку результатов выполненной лабораторной работы на тему «Протолитометрия» с описанием основных понятий и характеристик воспроизводимости анализа.

Критерии оценивания реферата:

Зачтено. Выставляется студенту, если в реферате кратко и верно отражены основы математической обработки результатов малой выборки и корректно проведена статистическая обработка результатов одной из лабораторных работ, выполненных студентом.

Не зачтено. Выставляется студенту, если реферат не сдан или в сданном реферате отсутствует описание основ статистики малых выборок и/или корректная обработка собственных результатов, полученных на одном из лабораторных занятий по аналитической химии по разделу 4 «Титриметрические методы анализа».

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Письменные ответы и результаты собеседования по вопросам экзаменационных билетов и по вопросам к зачету

(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

Перечень вопросов к экзаменам и зачетам, порядок формирования КИМ

Перечень вопросов к экзаменам

Вопросы к экзамену №1 по дисциплине (5 семестр)

1. Предмет аналитической химии. Классификация аналитических методов. Требования к методам.
2. Значение и области применения химического анализа. Виды анализа. Качественный и количественный анализ.
3. Стадии аналитического процесса. Отбор пробы. Подготовка пробы для анализа.
4. Аналитический сигнал. Измерение. Градуировка. Понятия чувствительности и предела обнаружения.
5. Точность измерения. Систематические и случайные ошибки. Математическая обработка результатов анализа.
5. Теоретические основы метода гравиметрии. Равновесие в системе осадок-раствор. Термодинамическая, концентрационная и условная константа произведения растворимости.

Условия образования и растворения осадка.

6. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость малорастворимого электролита.

7. Сущность гравиметрического метода анализа. Метод осаждения и метод отгонки. Расчеты в гравиметрии. Гравиметрический фактор.

8. Требования к осадителю. Осаждаемая и гравиметрическая формы. Требования к ним.

9. Аморфные и кристаллические осадки, условия их получения. Размер частиц осадков, влияние различных факторов. Относительное пересыщение. Гомогенное осаждение.

10. Загрязнение осадков. Соосаждение, его различные механизмы.

11. Применение гравиметрического метода. Гравиметрическое определение бария и воды в кристаллогидрате хлорида бария.

12. Сущность титриметрии. Классификация титриметрических методов.

13. Метод пипетирования и метод отдельных навесок. Прямое, обратное и косвенное титрование.

14. Теоретические основы кислотно-основного титрования. Протолитическая теория кислот и оснований. Сила кислот и оснований. Константы диссоциации слабых электролитов.

15. Классификации растворителей. Амфипротные растворители, константа автопротолиза. Ионное произведение воды. Показатель кислотности среды.

16. Расчет pH в растворах сильных и слабых кислот и оснований, гидролизующихся солей, амфолитов.

17. Буферные растворы. Буферная емкость. pH буферных растворов.

18. Кривые титрования сильных кислот и оснований.

19. Кислотно-основные индикаторы, теории индикаторов.

20. Кривые титрования слабых кислот и оснований.

21. Выбор индикатора. Индикаторные ошибки.

22. Титрование смесей протолитов (на примере определение соды и щелочи при совместном присутствии). Применение кислотно-основного титрования.

23. Комплексообразование. Применение комплексов в аналитической химии. Комплексиметрия.

24. Сущность метода комплексонометрии. Комплексоны. Этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТУ). Уравнение материального баланса. Расчет молярной доли одной из форм ЭДТУ.

25. Трилон Б, комплексы ионов металлов с трилоном Б. Комплексонометрическое титрование. Первичные стандарты. Металлоиндикаторы.

26. Кривые титрования в комплексонометрии. Индикаторные ошибки в комплексонометрии.

27. Применение комплексонометрического титрования. Определение жесткости воды. Прямое, обратное, вытеснительное и косвенное титрование.

28. Определение смеси ионов металлов при совместном присутствии.

29. Окислительно-восстановительное равновесие. Уравнение Нернста.

30. Константа равновесия. Направление окислительно-восстановительной реакции.

31. Окислительно-восстановительное титрование. Кривые титрования в оксидометрии. Способы обнаружения конечной точки титрования.

32. Перманганометрия.

33. Иодометрия. Косвенное иодометрическое определение ионов меди в растворе.

34. Методы окислительно-восстановительного титрования по типу титранта (краткая характеристика).

35. Понятие об осадительном титровании. Применение осадительного титрования. Кривая титрования.

36. Аргентометрия. Основные способы фиксации конечной точки осадительного титрования (метод Мора, метод Фаянса, метод Фольгарда). Меркурометрия.

37. Термические методы анализа. Общая характеристика группы методов.

38. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Классификация методов разделения.

39. Методы, основанные на образовании новой фазы. Осаждение. Отгонка. Дистилляция.

40. Методы, основанные на распределении компонентов между двумя фазами. Экстракция. Сорбция. Ионный обмен.

41. Методы, основанные на индуцированном межфазном переносе из одной фазы в другую через разделяющую их третью. Диализ. Электродиализ. Баромембранные методы.

42. Методы внутрифазного разделения. Электрофорез. Масс-сепарация. Понятие о FFF-методах.

Вопросы к экзамену № 2 по дисциплине (6 семестр)

1. Введение в хроматографические методы анализа. Определение хроматографии. Понятия подвижной и неподвижной фазы.
2. Классификация хроматографических методов по применяемым фазам, по технике выполнения и механизму хроматографического процесса. Способы хроматографирования: фронтальный, вытеснительный, элюентный.
3. Аналитический сигнал в хроматографии. Основные параметры хроматографического пика. Коэффициент удерживания и коэффициент емкости. Селективность и эффективность хроматографического разделения.
4. Теоретические основы хроматографического анализа. Изотермы адсорбции. Понятие теоретической тарелки и высоты, эквивалентной теоретической тарелке. Уравнение Ван Деемтера и оптимизация хроматографического процесса.
5. Газовая хроматография, блок-схема установки, выбор газа-носителя, сорбента, детектора. Насадочные и капиллярные колонки. Качественный анализ в газовой хроматографии. Время удерживания, индексы Ковача. Количественный анализ.
6. Жидкостная хроматография. Растворители для жидкостной хроматографии. Выбор сорбента. Модификация поверхности сорбента. Нормально-фазовая и обращенно-фазовая – виды высокоэффективной жидкостной хроматографии. Детекторы в жидкостной хроматографии.
7. Ионообменники. Ионообменная хроматография. Ионная хроматография. Сорбенты для ионной хроматографии. Двухколоночный и одноколоночный варианты ионной хроматографии. Детекторы в ионной хроматографии.
8. Эксклюзионная хроматография. Сущность метода. Особенности механизма разделения. Применение.
9. Понятие о лигандообменной хроматографии.
10. Планарная хроматография. Виды бумажной хроматографии. Тонкослойная хроматография.
11. Выбор оптимального метода хроматографического анализа.
12. Введение в спектральный анализ. Шкала электромагнитных волн. Классификация спектральных методов анализа по длинам волн (частотам, энергиям), механизму взаимодействия электромагнитного поля с веществом. Атомная и молекулярная спектроскопия.
13. Эмиссионный спектральный анализ. Атомизаторы. Способы монохроматизации и регистрации спектров. Качественный и количественный атомно-эмиссионный анализ.
14. Фотометрия пламени. Схема прибора. Структура пламени. Процессы в пламени. Применение метода.
15. Атомно-абсорбционный анализ. Схема прибора. Лампы с полым катодом. Пламенный и электротермический вариант атомно-абсорбционного анализа.
16. Основной закон светопоглощения в линейной и экспоненциальной форме. Отклонения от линейности при светопоглощении. Закон аддитивности светопоглощения.
17. Фотометрический анализ. Схема фотометра. Выбор светофильтров. Чувствительность фотометрического определения. Качественный и количественный фотометрический анализ.
18. Роль монохроматичности в абсорбционной спектроскопии. Спектрофотометрический анализ. Схема спектрофотометра. Анализ многокомпонентных систем. Определение молярных коэффициентов светопоглощения.
19. Хромофорные и ауксохромные группы. Понятие о батохромном и гипсохромном сдвиге.
20. Колебательная спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния. Идентификация веществ методом инфракрасной спектроскопии.
21. Люминесцентный анализ.
22. Понятие о масс-спектропии и хромато-масс-спектропии.
23. Введение в электрохимические методы анализа. Классификация электрохимических методов.
24. Потенциометрический анализ. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Ионоселективные электроды. Стекланный электрод и его теория. Прямая ионметрия. Потенциометрическое титрование.
25. Вольтамперометрия. Ртутный капаящий электрод и полярографический анализ. Твердые электроды. Потенциал полуволны и качественный вольтамперометрический анализ.

Предельный диффузионный ток. Количественный вольтамперометрический анализ.

26. Понятие об инверсионной вольтамперометрии.

27. Амперометрическое титрование.

28. Электрогравиметрия.

29. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование.

30. Электропроводность растворов. Прямая кондуктометрия.

31. Кондуктометрическое титрование.

32. Особенности высокочастотного кондуктометрического титрования.

Вопросы к зачету № 1 по дисциплине (5 семестр)

1. Правила техники безопасности для работы в аналитической лаборатории.

2. Правила работы с химической посудой. Точная и неточная мерная посуда.

3. Техника взвешивания на технических и аналитических весах. Устройство аналитических весов. Точность взвешивания

4. Основные способы выражения концентрации в аналитической химии.

5. Понятие эквивалента и фактора эквивалентности. Закон эквивалентов.

6. Правила приготовления растворов для химико-аналитических работ.

7. Первичные и вторичные стандарты в аналитической химии.

8. Основные операции гравиметрического анализа в методе осаждения.

9. Правила высушивания и прокаливания осадков.

10. Метод прямой и косвенной отгонки в гравиметрии.

11. Аналитические расчеты в гравиметрическом анализе. Использование в расчетах гравиметрического фактора.

12. Титриметрия. Классификация методов на основе реакции, лежащей в основе определения целевого компонента.

13. Принцип действия индикаторов в различных методах титриметрии.

14. Титрование. Приемы титрования: прямое, обратное и косвенное.

15. Способ пипетирования и способ отдельных навесок при титровании.

16. Математическая обработка результатов титриметрического анализа.

17. Техника экстракционных методов. Основные понятия в методе экстракции.

18. Расчет количественных характеристик процессов разделения, концентрирования и извлечения.

Вопросы к зачету №2 по дисциплине (6 семестр)

1. Правила техники безопасности для работы в хроматографической лаборатории.

2. Газовый хроматограф, блок-схема прибора.

3. Выбор газа-носителя, неподвижной фазы, детектора.

4. Типы колонок в газовой хроматографии.

5. Качественный анализ в газовой хроматографии. Время удерживания, индексы Ковача.

6. Количественный анализ в газовой хроматографии. Расчеты содержания определяемого компонента.

7. Жидкостный хроматограф. Блок-схема прибора.

8. Нормально-фазовая и обращенно-фазовая хроматография. Анализируемые вещества.

9. Детекторы в жидкостной хроматографии.

10. Ионообменники. Классификация по функциональным группам. Использование для разделения ионов металлов.

11. Качественный и количественный анализ в бумажной хроматографии.

12. Основы выбора метода хроматографического анализа.

13. Правила техники безопасности в спектральной лаборатории.

14. Фотометрия пламени. Блок-схема пламенного анализатора жидкости.

15. Структура пламени. Процессы в пламени. Применение метода фотометрии пламени.

16. Количественный анализ методом фотометрии. Основной закон светопоглощения. Чувствительность фотометрического анализа. Определение молярного коэффициента светопоглощения. Блок-схема фотоэлектроколориметра.

17. Метод спектрофотометрии. Принцип определения ионов при совместном присутствии.

18. Блок-схема спектрофотометра.

19. Правила техники безопасности для работы в электрохимической лаборатории.

20. Типы ионоселективных электродов.

21. Нитрат-селективный электрод. Коэффициент селективности электрода.
 21. Потенциометрическое титрование. Способы определения точки эквивалентности.
 22. Принцип работы иономера.
 23. Кулонометрическое титрование. Электрохимическая генерация титранта.

Пример контрольно-измерительного материала

Направление подготовки: 04.03.01 Химия Дисциплина: Б1.О.12 Аналитическая химия Курс: 3 Форма обучения: очная Вид аттестации: промежуточная Вид контроля: экзамен	УТВЕРЖДАЮ Заведующий кафедрой аналитической химии подпись, _____ расшифровка подписи _____ _____.____.20__
Контрольно-измерительный материал №__	
1. Роль монохроматичности в абсорбционной спектроскопии. Спектрофотометрический анализ. Схема спектрофотометра. Анализ многокомпонентных систем. Определение молярных коэффициентов светопоглощения. 2. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование.	
Преподаватель _____	

Описание технологии проведения экзамена

Промежуточная аттестация (экзамен) проходит в письменной и устной формах. Студенты пишут ответы на вопросы билета во время подготовки (40 минут) при контроле их самостоятельности со стороны экзаменатора. Затем экзаменатор проверяет Лист ответа и проводит собеседование со студентом, задает вопросы по билету и дополнительные вопросы по курсу.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения на экзаменах

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами аналитической химии, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области современного химического анализа в соответствии с компетенциями.	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не является полным, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, но допускает некоторые незначительные ошибки при ответе, что говорит о недостаточно полном освоении компетенций.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не является полным, и обучающийся дает неполные ответы на	Пороговый уровень	Удовлетворительно

<i>дополнительные вопросы. Демонстрирует частичное знание предмета, допускает существенные ошибки при ответе, что свидетельствует о недостаточном владении компетенциями.</i>		
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует основным требованиям, обучающийся демонстрирует только отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки. Освоение предмета в рамках компетенций не показано.</i>	–	Неудовлетворительно

Описание технологии проведения зачета

Зачет проводится в устной форме в виде индивидуального опроса после обязательного выполнения всех лабораторных работ, предоставления отчетов по ним, прохождения требуемых рабочей программой дисциплины текущих аттестаций. Преподаватель дает задания к зачету по дисциплине по приведенным в Рабочей программе вопросам. Студент должен максимально подробно и с примерами изложить суть каждого вопроса. Преподаватель имеет право на уточняющие и дополнительные вопросы в пределах теоретической части и проделанных лабораторных работ данной дисциплины.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено

Соотношение показателей и критериев оценивания результатов обучения на зачетах

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся выполнил и защитил результаты всех лабораторных работ, дает правильные ответы на вопросы КИМ к зачету, владеет умениями и навыками в соответствии с п.19.1, способен применять теоретические знания курса для решения практических задач в области современного химического анализа в соответствии со формируемыми компетенциями.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>зачтено</i>
<i>Выполнены и защищены не все лабораторные работы и/или ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует основным требованиям, обучающийся демонстрирует только отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки. Освоение курса в соответствии с компетенциями учебного плана и рабочей программы не показано обучающимся.</i>	–	<i>не зачтено</i>

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень, может быть, конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

20.3 Задания, рекомендованные к использованию для проведения диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины:

Контроль освоения ОПК-1: Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

Тестовые задания:

1. Какой параметр является качественной характеристикой хроматографического удерживания?
 - a. Число теоретических тарелок.
 - b. Время от момента ввода пробы до максимума на хроматографическом пике.**
 - c. Отношение времени пребывания компонента в стационарной и подвижной фазах.
2. Какой параметр следует определить на вольтамперных кривых для нахождения концентрации вещества по методу градуировочного графика?
 - a. Потенциал полуволны.
 - b. Величина предельного диффузионного тока.**
 - c. Область потенциалов предельного тока.
3. Укажите уравнение, используемое в количественном анализе методом атомно-эмиссионной спектроскопии.
 - a. Уравнение Ильковича.
 - b. Уравнение Ломакина-Шайбе.**
 - c. Уравнение ван-Деемтера.

Задачи:

1. Рассчитайте pH 0,01 М раствора соляной кислоты (ответ pH=2)
2. Рассчитайте pH 0,1 М раствора уксусной кислоты, если константа кислотности $K_a(\text{CH}_3\text{COOH})=1.75 \cdot 10^{-5}$. (ответ pH=2.88).
3. Выпадает ли осадок при смешивании равных количеств сантимольярных (0,01 М) растворов хлорида кальция и серной кислоты. Константа произведения растворимости $K_s=2.6 \cdot 10^{-5}$. Ответ подтвердите расчетом. (Ответ: осадок не выпадает, т.к. $a(\text{Ca}^{2+}) \cdot a(\text{SO}_4^{2-}) < K_s$).
4. Рассчитайте энергию электромагнитного излучения при определении ароматического соединения, если характеристическая длина волны составляет 257 нм. (Ответ: $E= 7,72 \cdot 10^{-19}$ Дж или 4,83 эВ).
5. Каков будет предельный диффузионный ток при восстановлении иона M^{2+} , если его концентрация $2,0 \cdot 10^{-4}$ М, коэффициент диффузии $6,0 \cdot 10^{-6} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, при использовании капилляра с $m=2 \text{ мг/с}$ и $t=5 \text{ с}$. (Ответ: $I_{\text{пр.д.}}=1,23 \text{ мкА}$).
6. При электролизе раствора, содержащего ионы M(III) , при силе тока 1,0 А за 35 минут на катоде выделено 0,3772 г металла. Приняв выход по току равным 100%, определите какой это металл. (Ответ: хром).

Ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы:

1. Какие этапы гравиметрического анализа можете назвать при определении компонентов методом осаждения (на примере определения кальция) (1. Пробоотбор и пробоподготовка.

2. Осаждение. 3. Старение осадка. 4. Фильтрация. 5. Промывание осадка. 6. Высушивание и прокаливание. 7. Взвешивание. 8. Расчет содержания кальция.)

Темы эссе:

1. Охарактеризуйте понятия точности и правильности в аналитической химии. Что является параметром, описывающим степень близости друг к другу единичных определений, рассеяние единичных результатов относительно среднего? (воспроизводимость).
2. В чем состоит метод внутреннего стандарта при количественном анализе хроматографическим методом? Напишите соответствующую формулу.

(Формула $C_x = k \cdot r \cdot S_x / S_{\text{в.ст}} \cdot 100 \%$, где $r = m_{\text{в.ст}} / m_{\text{пр}}$, $k_i = \frac{S_{\text{в.ст}}}{C_{\text{в.ст}}}$.)

Контроль освоения ОПК-2: Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

Тестовые задания:

1. Для количественного анализа методом хроматографии по площади хроматографических пиков используют ряд методов. Какой из них дает наименьшую погрешность?
 - a. **вычисление площади с учетом ширины пика на полувысоте;**
 - b. расчет площади с учетом ширины пика у основания;
 - c. вырезание пика из бумажной хроматограммы, взвешивание и вычисление площади, исходя из массы пика и единицы площади (1 см²) бумаги.
2. Какие электроды называют индикаторными в потенциометрии?
 - a. электрод, потенциал которого не зависит от состава раствора;
 - b. электрод, потенциал которого зависит только от природы растворителя;
 - c. **электрод, потенциал которого зависит от природы и концентрации одного из компонентов раствора;**
3. На чём основано определение компонентов раствора методом атомного абсорбционного анализа?
 - a. на измерении интенсивности излучения света возбужденными атомами;
 - b. на измерении интенсивности излучения света ионизированными атомами;
 - c. **на измерении поглощения излучения оптического диапазона невозбужденными атомами;**
 - d. на измерении переизлучения световой энергии, поглощенной свободными атомами.
4. Назовите анализаторы спектра диспергирующего типа:
 - a. оптические светофильтры;
 - b. **призмы;**
 - c. интерферометр;
 - d. **дифракционные решетки.**

Задачи:

1. Раствор аналита А помещают в кювету для образца с длиной оптического пути $l=1,00$ см. При измерении поглощения электромагнитного излучения раствором аналита при длине волны $\lambda=490$ нм оптическая плотность $A=0,338$. Какова молярная концентрация аналита в растворе, если молярный коэффициент светопоглощения при этой длине волны $\epsilon=676$ л/(моль*см) (Ответ $C_A=5 \cdot 10^{-4}$ М)?
2. Образец, содержащий магнетит Fe_3O_4 , был проанализирован после растворения образца массой 1,5419 г в концентрированной HCl с получением смеси Fe^{2+} и Fe^{3+} . После добавления HNO_3 (для окисления Fe^{2+} до Fe^{3+}) Fe^{3+} осадили в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ добавлением раствора гидроксида аммония. После фильтрации и промывки остаток прокалили, получив 0,8525 г чистого Fe_2O_3 . Рассчитайте процентное содержание Fe_3O_4 по весу в образце (Ответ 53.44 %).
3. Хроматографический анализ пестицида дает пик с временем удерживания 8,68 мин и шириной пика у основания 0,29 мин. Оцените N - Число Теоретических Тарелок (ЧТТ), вовлеченных в разделение. Учитывая длину колонки 2.0 м рассчитайте H - Высоту, Эквивалентную Теоретической Тарелке (ВЭТТ). H запишите в мм. ($N=14300$, $H=0.14$ мм).

4. Для этанола и метанола в капиллярной колонке для газовой хроматографии получили времена удерживания 370 и 385 с. Ширина пиков у основания ($W_1=16.0$, $W_2=17.0$). Пик неудерживаемого компонента выходит на 10.0 с. Вычислите коэффициент селективности и разрешение пиков ($R_s=0.91$, $\alpha=1.04$).

Ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы:

1. В каких случаях в хроматографии при количественном анализе удобно использовать метод внутренней нормализации? (1. Все вещества элюируются из колонки. 2. Чувствительность детектора одинакова для всех разделяемых веществ). Какая формула используется для расчета количественного состава смеси?
2. Что такое разрешение ($R = \lambda/\Delta\lambda$) и светосила (d/f) анализатора спектра? Можно ли при постоянном разрешении R добиться выигрыша в светосиле, не ухудшая дисперсию (D)? Ответ подтвердите формулой ($R=D/(d/f)$).

Темы эссе:

Охарактеризуйте основной закон светопоглощения (Бугера-Ламберта-Бера), ограничения его использования в количественном анализе методом спектрофотометрии. Напишите линейное и экспоненциальное выражения закона. Линейное выражение: $A = \varepsilon \cdot l \cdot c$. Экспоненциальное: $I_\lambda = I_{0\lambda} \cdot e^{-k_\lambda \cdot l \cdot c_i}$

Контроль освоения ОПК-3: Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

Тестовые задания:

1. Какой из перечисленных методов не является классическим химическим методом анализа?

1. Гравиметрия
2. Титриметрия

3. Рентгенофлуоресцентный анализ

2. Выберите наиболее селективные методы из перечисленных.

1. Титриметрия
2. **Ионометрия**
3. Кондуктометрия

4. Ферментативные методы

3. Выберите из списка методы разделения и концентрирования.

1. Кондуктометрия
2. **Экстракция**
3. **Электродиализ**
4. **Дистилляция**
5. Фотометрия
6. Титриметрия

4. К спектральным методам анализа относится:

1. Гравиметрия
2. Комплексонометрия
3. **Эмиссионный спектральный анализ**
4. Потенциометрический анализ

5. Потенциометрический метод – это...

1. Спектральный метод
2. Хроматографический метод
3. **Электрохимический метод**

6. На чем основан фотометрический метод?

1. **На поглощении излучения**
2. На отражении излучения

3. На испускании излучения

7. Кондуктометрия основана на...

1. Измерении потенциала индикаторного электрода
2. **Измерении электропроводности раствора**
3. Измерении количества электричества
4. Измерении сопротивления раствора

8. Аналитический сигнал в кулонометрическом анализе:

1. Электрическая проводимость раствора
2. **Количество электричества**
3. Масса вещества, выделенного на электроде

9. Какие методы анализа основаны на взаимодействии электромагнитного излучения с веществом?

1. Хроматографические;
2. **Спектральные;**
3. Электрохимические.

10. Укажите области спектра, в которых применим метод спектрофотометрии.

1. Ультрафиолетовая, инфракрасная
2. Инфракрасная, видимая;
3. **Видимая, ультрафиолетовая.**

Вопросы

1. Как называются методы анализа, основанные на взаимодействии электромагнитного излучения с веществом?

Ответ: Спектральные

2. В каком методе хроматографического разделения подвижной фазой является жидкость?

Ответ: в жидкостной хроматографии.

3. В прямой кондуктометрии концентрацию вещества определяют по результатам измерения удельной электропроводности или количества электричества?

Ответ: удельной электропроводности

4. Хлоридсеребряный электрод в паре со стеклянным применяют при измерении pH растворов или нитрат-ионов?

Ответ: pH растворов

5. Хроматографические методы анализа классифицируют по механизму разделения или по времени и объему удерживания веществ?

Ответ: по механизму разделения

6. Способность ионитов к ионному обмену характеризует обменная емкость или буферная емкость?

Ответ: обменная емкость

7. Поток жидкости или газа на выходе из хроматографической колонки называют...

Ответ: элюатом

Задачи

1. Чему равна молярная (моль/л) концентрация вещества ($M = 100$ г/моль) в растворе, если оптическая плотность раствора, измеренная при толщине кюветы 10 мм, равна 0,2, а молярный коэффициент светопоглощения $\epsilon = 3440$ дм³/(моль·см)?

Ответ: $C = 5,8 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³

2. Определите величину хроматографической подвижности R_f в бумажной распределительной хроматографии, если смещение фронта растворителя равно 71 мм, а смещение зоны компонента равно 59 мм.

Ответ: $R_f = 0.83$

3. Чему равна молярная концентрация раствора соляной кислоты, содержащего в 1000 см^3 2.0053 г вещества?

Ответ: 0.0550 М.

Контроль освоения ОПК-6: Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

Тестовые задания:

1. В каких координатах принято представлять градуировочный график в фотометрии?

1. Оптическая плотность – длина волны
2. **Оптическая плотность – концентрация**
3. Сила тока – концентрация

2. Как выбрать длину волны при проведении фотометрических определений?

1. **Измерения проводят при длине волны, соответствующей максимуму поглощения света**
2. Измерения проводят при длине волны, соответствующей минимуму поглощения света
3. Измерения можно проводить при любой длине волны, если раствор окрашен.

3. Для определения каких ионов подойдет метод пламенной фотометрии?

1. Хлорид-ионы
2. Ионы тяжелых металлов
3. **Ионы щелочных металлов**

4. Какой закон лежит в основе абсорбционного спектрального анализа?

1. Закон Фарадея
2. **Закон Бугера-Ламберта-Бера**
3. Закон Ома.

5. Прямолинейный характер градуированного графика в фотометрическом анализе характеризует:

1. Отрицательное отклонение от закона светопоглощения
2. Положительное отклонение от закона светопоглощения
3. **Подчинение закону светопоглощения**

6. Для выбора аналитической длины волны при спектрофотометрических измерениях предварительно строят кривую светопоглощения, которая представляет собой:

1. **График зависимости оптической плотности раствора от длины волны падающего света.**
2. График зависимости оптической плотности раствора от концентрации раствора.
3. График зависимости интенсивности светового потока от толщины поглощающего слоя.
4. График зависимости оптической плотности раствора от толщины поглощающего слоя.

7. К какой группе методов относится хроматография?

1. Методы, основанные на образовании выделяемым веществом новой фазы.
2. Методы, основанные на массопереносе из одной фазы в другую через мембраны.
3. **Методы, основанные на распределении компонентов между двумя фазами (подвижной и неподвижной)**
4. Методы внутрифазного разделения.

8. Подвижная фаза – газ, неподвижная фаза – твердая. Вид хроматографии:

1. Тонкослойная

2. Газоадсорбционная

3. Газожидкостная

4. Жидкостная

9. В каком виде хроматографии разделение компонентов, входящих в смесь, происходит за счет их различных размеров?

1. Адсорбционной

2. Комплексообразовательной

3. Ионообменной

4. **Эксклюзионной**

10. С какой целью в газовой хроматографии используют значения времени удерживания вещества?

1. **Для качественной идентификации**

2. Для характеристики газа-носителя

3. Для количественного определения

4. Для оценки параметров колонки

Вопросы

1. Для преобразования световой энергии в электрическую используют фотоэлементы или светофильтры?

Ответ: фотоэлементы

2. Какое уравнение лежит в основе потенциометрического метода анализа?

Ответ: Уравнение Нернста

3. В каком спектральном методе применяют лампы с полым катодом?

Ответ: в атомно-абсорбционной спектроскопии

4. Индексы Ковача используют в хроматографии для количественного определения или качественной идентификации веществ?

Ответ: качественной идентификации веществ

5. К какой группе методов анализа относится электрогравиметрия?

Ответ: Электрохимические методы

6. Для качественного или количественного анализа используют электронные базы данных, содержащих библиотеки ИК-спектров соединений различных классов?

Ответ: для качественного анализа

7. Сопоставление экспериментального масс-спектра со спектрами, представленными в базе данных, позволяет идентифицировать вещество или установить его количественное содержание?

Ответ: идентифицировать вещество

Задачи

1. При спектрофотометрическом определении Ca^{2+} в виде комплексного соединения с комплексоном III оптическая плотность 0.00001 М раствора, содержащего Ca^{2+} , оказалась равной $A = 0,326$. Измерения проводились в кювете с толщиной слоя $l = 5$ см. Вычислить молярный коэффициент поглощения комплекса.

Ответ: 6520

2. Рассчитайте молярную концентрацию раствора соляной кислоты, если его титр равен 0.003592 г/см³?

Ответ: 0.0984 моль/дм³

3. Определите значение pH раствора гидроксида натрия с концентрацией 0.001 моль/дм³.

Ответ: pH = 11.0