

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Химический факультет  
Кафедра аналитической химии



УТВЕРЖДАЮ

проректор

  
«29» марта 2024 г.

П.А. Машаров

МП

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Укрупненная группа направлений подготовки	04.00.00 Химия
Программа высшего образования	Программа специалитета
Специальность	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Квалификация	Химик. Преподаватель химии
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов


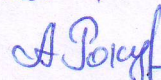
Донецк 2024



Рабочая программа дисциплины «Аналитическая химия» для обучающихся по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 652 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.


Разработчики:

заведующий кафедры аналитической химии,  
д-р хим. наук, проф.  
доцент кафедры аналитической химии,  
кандидат хим. наук, доц.

 А.С. Алемасова  
 А.Н. Рокун

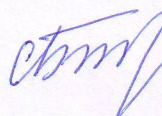
Рабочая программа одобрена на заседании кафедры аналитической химии  
Протокол от 26.03.2024 г. № 13

Заведующий кафедрой

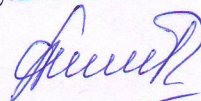
 А.С. Алемасова

СОГЛАСОВАНО:

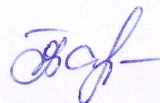
Декан химического факультета  
28.03.2024 г.

 С.Г. Бахтин

Учебно-методическая комиссия химического факультета  
Протокол от 27.03..2024 г. № 2  
Председатель

 Р.И. Лыга

Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы,  
д-р хим. наук, проф.  
28.03.2024 г

 О.В. Баранова



## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по химии в объёме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата: Неорганическая химия, Математика, Информатика, Физика.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Экологическая аналитическая химия; Методы разделения и концентрирования в химическом анализе; Хроматографические методы анализа; Инструментальные методы химического анализа веществ, материалов и окружающей среды;

Учебная практика: ознакомительная; Производственная практика: преддипломная.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия (Программа специалитета)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.12. Аналитическая химия
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	18 / 648

### 2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	1	2	30	75		113	218	Экзамен
Очная	2	3	34	68		113	215	Экзамен
Очная	2	4	34	68		113	215	Экзамен
Очная, всего			98	211		339	648	

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование системных представлений о химическом анализе, его видах и методах; знакомство с аналитической химией как наукой; овладение теоретическими основами аналитической химии и приемами анализа природных веществ и технических материалов (вплоть до умения самостоятельно выполнить несложный анализ по готовой методике); развитие умений и навыков химического эксперимента

#### 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
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-2.2. Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.2.1. Знает методологические подходы к синтезу и характеристике новых веществ и материалов ОПК-2.2.2. Умеет определять необходимый набор современного оборудования, программного обеспечения и профессиональных баз данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук ОПК-2.2.3. Владеет теоретическими и метрологическими основами аналитической химии; техникой экспериментальной работы в аналитических лабораториях; работой с литературой по аналитической химии; опытом обработки и обобщения материала и поиска новых экспериментальных

#### 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Темы	Вопросы темы
<b>Раздел 1 «Качественный анализ»</b>	
<b>Тема 1.</b> Общее представление о химическом анализе	Химический анализ, его значение для науки, экономики, медицины, охраны окружающей среды. Объекты анализа. Качественный и количественный анализ. Объекты обнаружения и определения (аналиты), соответствующие им виды анализа (элементный, молекулярный, структурно-групповой, вещественный, фазовый и др.). Основные стадии анализа (пробоотбор, пробоподготовка, измерение, обработка результатов измерений). Методы анализа (химические, физические, физико-химические, биологические). Общая характеристика и классификация химических методов анализа. Общая характеристика и классификация физико-химических и физических методов. Методики анализа, требования к ним. Аналитическая служба. Лабораторный и внелабораторный анализ.
<b>Тема 2.</b> Аналитическая химия как научная дисциплина. Учение об аналитическом сигнале.	Аналитическая химия как наука, ее цели и задачи, связь с практикой химического анализа, место аналитической химии в системе наук. Основные этапы истории химического анализа и аналитической химии, современное состояние и перспективы их дальнейшего развития. Основные аналитические проблемы (определение микропримесей,

	<p>повышение точности и экспрессности методик, снижение стоимости анализа и т.д.). Сопоставление возможностей разных методов анализа. Выбор метода и методики для решения конкретной аналитической задачи. Контроль качества, диагностика, мониторинг и другие типовые аналитические задачи. Важнейшие источники информации в области химического анализа и аналитической химии. Учение об аналитическом сигнале как фундаментальной характеристике вещества. Свойства аналитического сигнала. Аналитический сигнал в химических и инструментальных методах анализа. Способы определения концентрации веществ: метод градуировочного графика, метод стандартов, метод добавок.</p>
<p><b>Тема 3.</b> Качественный анализ неорганических веществ химическими и инструментальными методами</p>	<p>Методы качественного анализа. Химические методы обнаружения веществ. Реакции обнаружения и разделения. Качественные реакции, используемые для обнаружения ионов в растворе, примеры таких реакций и их аналитические эффекты. Дробный и систематический анализ смесей ионов, схемы проведения качественного анализа с применением групповых реагентов. Инструментальные методы обнаружения и идентификации веществ.</p> <p>Характеристичность, устойчивость и чувствительность аналитических признаков. Повышение надежности идентификации (одновременное использование ряда признаков, отбор наиболее характеристических признаков). Возможность идентификации растворенных веществ с помощью качественных реакций. Характеристики чувствительности методик обнаружения. Способы повышения селективности качественной реакции. Понятие о тест-методах, их применение. Экспрессный качественный анализ в заводских и полевых условиях. Окрашивание пламени, микрокристаллоскопия. Использование спектральных, электрохимических, хроматографических и других характеристик для идентификации веществ. Базы данных по характеристическим свойствам веществ. Схемы разделения и систематического анализа катионов по кислотно-основной и сероводородной классификациям. Тиосоли.</p>
<p><b>Тема 4.</b> Экстракционные и сорбционные методы разделения и концентрирования.</p>	<p>Разделение веществ и концентрирование микропримесей. Классификация методов по типу используемых фазовых равновесий. Сочетание методов разделения и концентрирования с методами определения (гибридные методы). Количественные характеристики: коэффициент распределения, степень извлечения, степень разделения. Разделение ионов при дробном осаждении. Соосаждение. Коллекторы - органические и неорганические. Основные приемы соосаждения.</p> <p>Экстракция как метод разделения и концентрирования. Теоретические основы метода. Закон</p>

	<p>распределения. Классификация экстракционных процессов. Количественные характеристики. Факторы, влияющие на степень извлечения при однократной экстракции. Степень извлечения при многократной экстракции. Выбор pH экстракции. Важнейшие экстрагенты и требования к ним. Экстракционные реагенты при извлечении металлов. Экстракция хелатов: влияние концентрации реагента, величины pH. Практическое использование экстракции.</p> <p>Сорбция как способ концентрирования. Механизм сорбции. Сорбенты, используемые при концентрировании микропримесей. Активные угли. Кремнеземы. Ионный обмен в анализе. Синтетические ионообменные смолы, их классификация и свойства. Практическое применение ионного обмена. Другие методы разделения и концентрирования: капиллярный электрофорез; методы испарения; управляемая кристаллизация.</p>
<p><b>Тема5.</b> Хроматографические методы</p>	<p>Области использования, решаемые задачи, практическое значение хроматографических методов. Основные принципы хроматографического анализа. Классификация хроматографических методов по агрегатному состоянию фаз, механизмам распределения, способам технической реализации. Скорость движения компонента через колонку как функция коэффициента распределения. Механизмы разделения компонентов пробы при прохождении через колонки разного типа.</p> <p>Вид внешней хроматограммы. Параметры хроматографических пиков. Факторы, влияющие на положение пика, его ширину и площадь. Критерии разделения пиков. Идентификация компонентов смеси по хроматографическим параметрам (характеристикам удерживания). Количественный хроматографический анализ: метод абсолютной калибровки, метод внутреннего стандарта, метод нормировки. Источники возможных погрешностей при проведении количественного хроматографического анализа.</p> <p>Общее представление о газоадсорбционной (ГАХ) и газожидкостной (ГЖХ) хроматографии. Схема газового хроматографа. Газы, используемые в качестве носителей. Основные типы детекторов: катарометры; пламенно-ионизационные детекторы; детекторы электронного захвата. Насадочные и капиллярные колонки. Сорбенты, применяемые в методе ГАХ. Носители и неподвижные жидкие фазы в методе ГЖХ. Преимущества, ограничения, области применения ГАХ и ГЖХ.</p> <p>Требования к сорбентам и носителям. Требования к неподвижной жидкой фазе (НЖФ). Полярные и неполярные НЖФ. Выбор колонки. Ввод пробы. Программирование температуры хроматографической колонки. Газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). Аналитические возможности метода ГЖХ.</p>

	<p>Жидкостная колоночная хроматография. Применения и ограничения классической жидкостной хроматографии как метода анализа. Препаративная жидкостная хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Принципиальная схема жидкостного хроматографа. Насосы, колонки, детекторы. Сорбенты и требования к ним, модификация поверхности сорбентов. Основные виды ВЭЖХ: аналитические возможности и определяемые вещества. Применение разных видов ВЭЖХ для анализа смесей органических соединений. Ионная хроматография как метод анализа смесей анионов (катионов). Преимущества и ограничения ВЭЖХ в анализе реальных объектов.</p>
<p><b>Раздел 6.</b> Аналитические свойства реакций в гомогенных водных растворах. Кислотно-основное равновесие</p>	<p>Практические требования к реакциям (процессам), используемым в анализе. Основные типы реакций, применяемых в химических методах анализа: кислотно-основные реакции, реакции комплексообразования, реакции окисления-восстановления. Общие и равновесные концентрации. Концентрационные константы равновесий, их виды. Формы существования веществ в растворе. Представление о термодинамических и условных константах равновесий; использование этих констант в аналитической химии. Связь термодинамических констант равновесия с концентрационными. Влияние посторонних электролитов на равновесия реакций и учет этого влияния при проведении анализа (солевой эффект). Учет влияния конкурирующих реакций. Расчет условных констант и проверка возможности протекания аналитической реакции в заданных концентрационных условиях. Выбор условий проведения реакции с помощью условных констант.</p> <p>Применение кислотно-основных реакций в анализе. Общее представление о кислотно-основном взаимодействии с позиций теории Бренстеда-Лоури. Сильные и слабые протолиты. Константы кислотности и основности. Состояние растворенного вещества в растворах с разной кислотностью. Расчет pH растворов разного типа. Амфолиты. Буферные системы, механизм буферного действия, расчет pH буферного раствора. Буферные растворы, применяемые в анализе. Выбор буферного раствора для создания желаемого pH.</p> <p>Теории кислот и оснований. Основные преимущества теории Бренстеда-Лоури. Влияние растворителя на силу растворенных кислот и оснований. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителей. Кислотно-основное равновесие в многокомпонентных сисРазделх. Расчет мольной доли заданной формы вещества при заданном значении pH. Индивидуальные вещества с буферными свойствами. Расчет изменения pH при добавлении кислот и щелочей к буферным растворам, буферная емкость.</p>

<p><b>Тема 7.</b> Образование и растворение осадков в анализе.</p>	<p>Произведение растворимости – как важнейшая константа гетерогенного равновесия. Связь термодинамического и условного произведения растворимости. Условия выпадения осадка. Произведение растворимости при неполной диссоциации малорастворимого соединения.</p> <p>Растворимость. Вывод формулы для вычисления ионной, молекулярной и общей растворимости. Факторы, влияющие на смещение гетерогенного равновесия. Влияние одноименного иона на растворимость малорастворимых соединений. Влияние концентрации постороннего сильного электролита на растворимость малорастворимых соединений. Влияние конкурирующей реакции (кислотно-основной реакции, комплексообразования, окислительно-восстановительной реакции) на растворимость малорастворимого соединения. Растворение осадков.</p>
<p><b>Тема 8.</b> Комплексные соединения в анализе. Маскирование и демаскирование.</p>	<p>Применение реакций комплексообразования в анализе. Ступенчатый характер комплексообразования в растворе. Количественные характеристики равновесия комплексообразования: общие и ступенчатые константы устойчивости, Факторы, влияющие на равновесие комплексообразования, управление этим процессом. Влияние комплексообразования на процессы осаждения и растворения, кислотно-основное равновесие, окислительно-восстановительные свойства веществ в ходе анализа. Примеры повышения чувствительности и селективности методик анализа с применением комплексообразования.</p> <p>Степень закомплексованности. Классификация комплексных соединений, важнейшие комплексные соединения, используемые в анализе. Координационное число, дентатность. Степень образования, среднее координационное число. Скорость образования комплексных соединений. Маскирование и демаскирование. Выбор природы и концентрации маскирующего реагента.</p>
<p><b>Тема 9.</b> Органические реагенты в анализе.</p>	<p>Теоретические основы взаимодействия органических реагентов с неорганическими ионами. Функционально-аналитические группы. Влияние их природы, расположения, стереохимии молекул реагента на его взаимодействие с неорганическими ионами. Влияние общей структуры органических реагентов на их свойства. Теория аналогий взаимодействия ионов металлов с неорганическими реагентами типа <math>H_2O</math>, <math>NH_3</math> и <math>H_2S</math> и кислород-, азот-, серусодержащими органическими реагентами.</p> <p>Основные типы соединений, образованных с участием органических реагентов. Хелаты, внутрикомплексные соединения. Факторы, определяющие устойчивость хелатов: характер связи металл-лиганд, размер цикла, число циклов. Правило циклов. Важнейшие органические</p>



	<p>реагенты, применяемые в анализе для разделения, обнаружения, определения ионов металлов, для маскировки и демаскировки. Возможности использования органических реагентов в различных методах анализа. Комплексообразование ионов металлов с органическими лигандами как модель биологически активных систем.</p>
<p><b>Тема 10.</b> Окислительно-восстановительное равновесие и инструментальные методы анализа.</p>	<p>Потенциал полуреакции – как характеристика химической активности реагирующих веществ. Уравнение Нернста. Стандартный, реальный и формальный потенциалы. Направление протекания электрохимической реакции. Связь константы равновесия со стандартными потенциалами.</p> <p>Электрохимическая и электролитическая ячейки. Электроаналитические методы. Способы расчета стандартных потенциалов.</p> <p>Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Направление реакции окисления и восстановления. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Понятие о смешанных потенциалах.</p> <p>Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе. Методы предварительного окисления и восстановления определяемого компонента. Использование окислительно-восстановительных реакций в аналитической химии. Оценка направления и глубины протекания окислительно-восстановительной реакции по константе химического равновесия.</p>
<p><b>Тема 11.</b> Пробоотбор и пробоподготовка.</p>	<p>Пробоотбор и пробоподготовка в ходе анализа. Виды проб (разовые, объединенные). Представительность пробы. Факторы, обуславливающие размер представительной пробы. Специфика и правила пробоотбора для объектов разного типа. Отбор проб однородных и гетерогенных материалов. Способы пробоподготовки: измельчение, растворение, термообработка, обработка реагентами. Необходимость и способы перевода компонентов пробы в формы, оптимальные для выбранного метода анализа.</p> <p>Способы получения представительной пробы твердых, жидких и газообразных веществ, в частности объектов окружающей среды. Погрешности, возникающие в ходе пробоотбора. Устройства и приемы, используемые при отборе проб. Первичная обработка, уменьшение и хранение отобранных проб.</p> <p>Разложение органических веществ под действием окислителей, катализаторов, высоких температур, давления, высокочастотного разряда. Комбинирование разных воздействий в ходе сухой и мокрой минерализации. Концентрирование микропримесей и отделение мешающих компонентов. Предварительное окисление или восстановление аналитов, перевод их в</p>

	летучие или окрашенные соединения (derivатизация). Способы устранения или учета загрязнений и потерь компонентов в ходе пробоподготовки.
<b>Тема 12.</b> Анализ вещества неизвестного состава	<p>Классификация объектов анализа. Объекты технического анализа (сырье, полупродукты, готовая продукция, стоки и газовые выбросы промышленных предприятий). Задачи и специфические особенности технического анализа как способа контроля качества. Технический анализ в металлургической промышленности, переработке нефти и других отраслях промышленности. Анализ функциональных материалов и особо чистых веществ.</p> <p>Объекты окружающей среды как объекты анализа (воздух, природные и сточные воды, почвы, донные отложения). Специфика анализа таких объектов. Проблема организации массового анализа объектов окружающей среды по множеству показателей состава. Понятие о ПДК. Лабораторные и внелабораторные методы анализа объектов окружающей среды. Тест-методы для количественного анализа этих объектов. Скрининг. Методы определения супертоксикантов. Определение интегральных (обобщенных) показателей состава.</p> <p>Агрохимический анализ, анализ пищевых продуктов. Специфика анализа биологических и медицинских объектов, их исследование и анализ. Методы клинического и фармацевтического анализа.</p>
<b>Раздел 2 «Количественный анализ»</b>	
<b>Тема 1.</b> Метрологические основы химического анализа.	<p>Химический анализ как измерение количества вещества. Абсолютные и относительные погрешности количественного анализа. Случайные и систематические погрешности, способы их оценки. Правильность, прецизионность, точность результатов анализа. Причины возникновения систематических погрешностей. Способы проверки правильности результатов анализа: использование стандартных образцов, сопоставление данных, полученных разными методами, метод стандартных добавок и др. Проверка значимости систематических погрешностей (на фоне случайных). Необходимость контрольного («холостого») опыта.</p> <p>Причины возникновения случайных погрешностей анализа. Статистическое распределение результатов повторных измерений (анализов). Статистическая обработка результатов при нормальном распределении случайных погрешностей. Грубые промахи и способы их выявления. Оценка прецизионности (сходимости, воспроизводимости) результатов анализа. Расчет и использование доверительных интервалов. Сопоставление результатов анализа (выборок).</p> <p>Метрологические аспекты инструментальных методов анализа. Чувствительность и селективность методик</p>

	анализа. Предел обнаружения, его статистическая оценка. Способы снижения предела обнаружения.
<b>Тема 2.</b> Гравиметрический метод анализа.	<p>Области использования, решаемые задачи, практическое значение метода. Принципы и аналитические возможности гравиметрического анализа. Техника и точность взвешивания. Общая схема гравиметрического определения веществ методом осаждения. Важнейшие органические и неорганические осадители, их выбор. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Расчет результатов гравиметрического анализа. Примеры его практического использования.</p> <p>Возможные источники погрешностей в гравиметрическом анализе. Техника метода. Правила получения осадков (правила Тананаева) и их теоретическое обоснование. Гравиметрический фактор (аналитический множитель). Выбор массы навески, выбор объема осадителя, выбор pH осаждения, оценка потерь при осаждении и промывании. Прямые и косвенные методы отгонки. Общее представление об элементном анализе органических веществ с гравиметрическим окончанием. Термогравиметрический анализ.</p>
<b>Тема 3.</b> Введение в титриметрический анализ. Кислотно-основное титрование.	<p>Области использования, решаемые задачи, практическое значение метода. Общие принципы титриметрического анализа, его достоинства и ограничения. Классификация титриметрических методов. Требования, предъявляемые к реакциям, используемым для титрования. Понятие о точке эквивалентности и конечной точке титрования (к.т.т.). Стандартизация рабочих растворов. Индикаторы, общие требования к ним. Применение инструментальных методов для регистрации кривых титрования и фиксирования к.т.т. Моделирование процесса титрования с помощью линейных и логарифмических кривых. Скачок титрования. Границы скачка, обеспечивающие заданную точность определения к.т.т. Расчет результатов анализа при проведении прямого, обратного и заместительного титрования.</p> <p>Приготовление и хранение рабочих растворов. Первичные стандарты, требования к ним. Вторичные стандарты. Фиксаналы. Техника титриметрии. Автоматизация титрования. Специфика титрования в неводных средах.</p> <p>Кислотно-основное титрование. Определяемые вещества, основные титранты, стандартные вещества. Области практического применения кислотно-основного титрования. Кривые титрования сильных и слабых протолизов. Влияние природы и концентрации титруемого вещества на вид кривой титрования и высоту скачка. Предельное разбавление титруемого раствора. Общее представление о титровании многопротонных кислот (оснований) и смесей разных кислот (оснований). Выбор кислотно-основного индикатора с учетом состава</p>



	<p>раствора в точке эквивалентности.</p> <p>Ионно-хромофорная теория кислотно-основных индикаторов. Интервал перехода окраски, показатель титрования. Выбор индикатора по кривой титрования. Прогнозирование индикаторных погрешностей. Применение неводных растворителей в методе кислотно-основного титрования. Влияние природы растворителя на высоту скачка. Выбор растворителя для разных аналитических задач.</p>
<b>Тема 4.</b> Окислительно-восстановительное титрование.	<p>Реакции окисления-восстановления, используемые в титриметрическом анализе. Классификация методов. Построение кривых окислительно-восстановительного титрования. Факторы, влияющие на характер кривой: различие в значениях формальных редокс-потенциалов, кислотность среды, комплексообразование, ионная сила. Способы контроля конечной точки титрования. Редокс-индикаторы, их выбор. Принципы, преимущества, ограничения разных окислительно-восстановительных методов.</p> <p>Предварительное окисление и восстановление определяемых веществ. Техника и специфические особенности методов перманганатометрии, иодометрии и иодиметрии, дихроматометрии. Первичные и вторичные стандарты в редоксметрии. Интервалы перехода окраски универсальных редокс-индикаторов. Источники погрешностей, связанных со сложным механизмом и замедленностью реакций, используемых для титрования.</p>
<b>Тема 5.</b> Осадительное титрование.	<p>Процессы осаждения в титриметрии. Значение стехиометрии реакции и скорости образования осадков, влияние адсорбции. Важнейшие титранты-осадители. Аргентометрия. Кривые титрования. Практическое применение осадительного титрования.</p> <p>Способы фиксирования конечной точки титрования в аргентометрии: методы Мора, Фольгарда, Фаянса. Возможность раздельного определения галогенидов. Меркурометрия.</p>
<b>Тема 6.</b> Комплексонометрическое титрование.	<p>Реакции комплексообразования в титриметрическом анализе. Выбор титранта. Использование полидентатных лигандов (аминополикарбоновых кислот) в качестве титрантов. Аналитические возможности комплексонометрического метода. Относительная устойчивость комплексонов разных металлов. Влияние pH на равновесие взаимодействия ионов металлов с комплексами. Использование условных констант для определения возможности и последовательности титрования металлов комплексами. Способы повышения селективности титрования. Кривые комплексонометрического титрования. Способы установления конечной точки титрования в комплексонометрии. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Химические реакции, протекающие с их</p>

	<p>участием в ходе титрования. Комплексонометрическое определение неметаллов и органических веществ. Важнейшие комплексоны. Приготовление и стандартизация растворов комплексонов. Состояние ЭДТА в водном растворе при разной величине pH, особенности взаимодействия ЭДТА с разными металлами. Лабильные и инертные комплексоны. Факторы, влияющие на величину скачка кривой комплексонометрического титрования. Выбор оптимального pH. Требования, предъявляемые к металлохромным индикаторам. Интервалы перехода окраски таких индикаторов. Источники погрешностей при проведении комплексонометрического титрования (блокировка индикаторов и др.).</p>
<b>Раздел 3 «Количественный анализ»</b>	
<p><b>Тема 1.</b> Общая характеристика электрохимических методов. Потенциометрия.</p>	<p>Области использования, решаемые задачи, практическое значение электрохимических методов. Общий обзор и классификация электрохимических методов. Области применения, достоинства и ограничения отдельных методов. Сопоставление аналитических возможностей (чувствительность, избирательность, точность и т.п.) разных методов. Электрохимические ячейки. Электроды. Равновесные и неравновесные электрохимические системы.</p> <p>Потенциал электрода как аналитический сигнал. Уравнение Нернста. Классификация электродов по механизму возникновения потенциала. Металлические и мембранные (ионселективные) электроды. Электроды сравнения и индикаторные электроды. Аналитические возможности метода прямой потенциометрии (ионометрии). Измерение pH с использованием стеклянного индикаторного электрода. Потенциометрическое титрование. Преимущества и ограничения метода по сравнению с прямой потенциометрией. Особенности потенциометрического титрования с применением реакций разного типа. Нахождение точки эквивалентности по кривой потенциометрического титрования (дифференциальный метод, метод трех касательных и др.).</p> <p>Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика для индикаторных электродов разного типа. Аппаратура для измерения разности электродных потенциалов. Способы расчета концентрации аналита по результатам потенциометрических измерений. Устройство и принцип работы электродов с гомогенными и гетерогенными кристаллическими мембранами, электродов с подвижными носителями, стеклянных, ферментных и газочувствительных электродов. Применение потенциометрических сенсоров.</p>
<p><b>Тема 2.</b> Вольтамперометрические методы</p>	<p>Общий принцип и классификация вольтамперометрических методов. Классическая полярография. Поляризация ртутного электрода.</p>

	<p>Достоинства и недостатки ртутного электрода. Общая характеристика полярографической кривой. Диффузионный ток. Выбор фонового электролита. Зависимость диффузионного тока от различных факторов. Уравнение Ильковича. Уравнение полярографической волны Ильковича-Гейровского. Потенциал полуволны как качественная характеристика деполаризатора, определение потенциала полуволны. Ограничения и недостатки классической полярографии.</p> <p>Современные вольтамперометрические методы. Применение твердых электродов. Амперометрическое титрование. Выбор потенциала индикаторного электрода. Вид кривых амперометрического титрования. Инверсионная вольтамперометрия: принцип метода, преимущества ИВА по сравнению с другими вольтамперометрическими методами. Аналитические возможности и практическое применение современных вольтамперометрических методов.</p> <p>Полярографические максимумы. Определение констант устойчивости комплексных соединений по результатам измерений потенциала полуволны. Поляризационные кривые для разных электродов. Понятие об осциллографической и переменноточковой полярографии. Амперометрическое титрование с двумя поляризованными электродами (биамперометрия). Современная аппаратура для проведения вольтамперометрического анализа.</p>
<p><b>Тема 3.</b> Кулонометрия и электрогравиметрия. Кондуктометрия.</p>	<p>Общие принципы и теоретические основы кулонометрии. Законы Фарадея. Способы определения количества электричества, затраченного на электролиз анализируемого раствора; применение кулонометров. Кулонометрия при постоянном токе и постоянном потенциале. Метод прямой кулонометрии. Расчет результата анализа.</p> <p>Кулонометрическое титрование. Внешняя и внутренняя генерация титранта. Определение конечной точки титрования. Преимущества и ограничения метода кулонометрического титрования по сравнению с классическими вариантами титриметрии. Примеры практического применения кулонометрических методов.</p> <p>Принципы, достоинства, область применения электрогравиметрии. Аппаратура. Расчет напряжения разложения. Перенапряжение.</p> <p>Электролиз при контролируемом потенциале, его применение для разделения и концентрирования металлов. Выделение металлов на ртутном катоде. Внутренний электролиз.</p> <p>Принципы кондуктометрического анализа. Возможности метода и области его практического применения. Измерение электропроводности растворов. Связь удельной электропроводности с концентрацией</p>



	<p>определяемого вещества. Прямая кондуктометрия. Кондуктометрическое титрование. Прогнозирование кривых кондуктометрического титрования с учетом подвижности ионов. Применение кондуктометрии.</p>
<p><b>Тема 4.</b> Общее представление о спектроскопических методах. Методы атомной спектроскопии.</p>	<p>Области использования, решаемые задачи, практическое значение спектроскопических методов. Общие принципы и классификация спектроскопических методов. Абсорбционные, эмиссионные и флуоресцентные методы. Значение разных спектроскопических методов в практике химического анализа.</p> <p>Диапазоны электромагнитного излучения, наиболее широко применяемые в анализе (ИК-излучение, видимый свет, УФ-излучение, рентгеновские лучи). Энергии квантов и длины волн (частоты, волновые числа), соответствующие разным диапазонам. Монохроматическое и полихроматическое излучение. Общее представление о спектрах. Классификация спектров (спектры испускания и поглощения, атомные и молекулярные спектры). Энергетические переходы в атомах и молекулах, приводящие к возникновению спектров разного типа. Способы регистрации спектров. Использование спектральных данных для установления структуры молекул, идентификации веществ, количественного определения веществ, анализа смесей.</p> <p>Спектральные приборы, их классификация. Основные узлы спектрального прибора. Источники излучения. Способы монохроматизации. Одноканальные и многоканальные спектрометры. Приемники излучения: фотоэмульсии, фотоэлементы, фотоумножители, диодные линейки и другие мультисенсорные устройства. Характеристики спектральных линий и пиков: длина волны, интенсивность, полуширина. Связь интенсивности излучения (поглощения) с вероятностью соответствующих энергетических переходов.</p> <p>Принцип и основные стадии атомно-эмиссионного спектрального анализа (АЭС). Способы атомизации пробы и возбуждения атомов: пламя, электрическая дуга, искровой разряд, индуктивно-связанная плазма и др. Аналитические возможности АЭС при использовании разных источников возбуждения (определяемые элементы, пределы обнаружения, точность определения и др.). Способы регистрации спектров и необходимая для этого аппаратура. Опознавание элементов по положению спектральных линий. Уравнение Ломакина-Шейбе. Способы расчета результатов количественного анализа, области и примеры его практического применения.</p> <p>Принцип и основные стадии атомно-абсорбционного спектрального анализа (ААС). Схема атомно-абсорбционного спектрометра. Источники излучения (лампы с полым катодом, источники сплошного спектра и</p>

	<p>др.), Пламенная и электротермическая атомизация пробы. Зависимость оптической плотности плазмы от содержания элементов в пробе. Факторы, влияющие на точность анализа. Области практического применения и аналитические возможности метода ААС.</p> <p>Температура плазмы при использовании разных способов возбуждения, состояние вещества в плазме. Зависимость интенсивности спектральной линии от различных факторов. Выбор аналитической линии определяемого элемента. Процессы самопоглощения, ионизации, образования малолетучих соединений; влияние этих процессов на форму градуировочного графика. Метод пламенной фотометрии. Виды и температура пламени. Способы расчета результатов анализа в пламенной фотометрии. Аппаратура метода, его точность и пределы обнаружения.</p> <p>Аналитические сигналы элементов при разных способах регистрации спектра. Абсолютное и относительное почернение фотопластинки. Метод гомологических пар и другие приемы повышения точности АЭС при использовании дугового разряда. Достоинства и ограничения АЭС с использованием индуктивно-связанной плазмы.</p> <p>Метод «холодного пара» в ААС. Способы устранения влияния фонового поглощения и излучения. Преимущества, ограничения и недостатки метода ААС по сравнению с атомно-эмиссионными методами (точность, чувствительность, экспрессность и др.).</p>
<p><b>Тема 5.</b> Методы молекулярной спектроскопии.</p>	<p>Спектры поглощения молекул в видимой и УФ областях спектра. Связь структуры молекулы с характеристиками спектра поглощения соединения в УФ- и видимой области. Органические и неорганические соединения, определяемые по собственному поглощению их растворов. Взаимодействие ИК-излучения с молекулами; спектры поглощения молекул в ИК-области. Характеристические частоты функциональных групп в органических соединениях.</p> <p>Измерение светопоглощения растворов. Необходимость и выбор раствора сравнения. Количественные характеристики поглощения света, их взаимосвязь. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Отклонения от закона, их причины и способы предупреждения. Основные схемы и узлы спектрометрической аппаратуры. Особенности аппаратуры, используемой в разных диапазонах длин волн. Спектрофотометрия и фотометрия, сопоставление возможностей и преимуществ. Выбор аналитической длины волны (светофильтра). Способы расчета концентрации аналита. Чувствительность и точность спектрофотометрического анализа в зависимости от светопоглощения фотометрируемого раствора. Дифференциальная спектрофотометрия. Анализ многокомпонентных систем. Фотометрические реакции,</p>

	<p>требования к ним.</p> <p>Подготовка проб к анализу в методе ИК-спектроскопии. Принципы и достоинства ИК-Фурье-спектрометров. Особые варианты молекулярно-абсорбционной спектрометрии: визу-альная колориметрия, экстракционно-фотометрический анализ, фотометрическое титрование. Представление о турбидиметрии, нефелометрии, спектроскопии диффузного отражения и т.п. Использование спектров поглощения в разных диапазонах длин волн для идентификации веществ и структурно-группового анализа.</p> <p>Общее представление о люминесценции, способах ее возбуждения и спектрах люминесценции. Виды люминесценции (флуоресценция, фосфоресценция). Регистрация спектров возбуждения и испускания люминесцирующих веществ. Идентификация люминесцирующих веществ. Количественный люминесцентный анализ: определяемые вещества, связь интенсивности люминесценции с концентрацией. Чувствительность и точность метода. Практическое применение люминесцентного анализа.</p> <p>Основные закономерности молекулярной люминесценции: независимость спектра люминесценции от длины волны возбуждающего света, закон Стокса – Ломмеля, правило Левшина, закон Вавилова. Тушение люминесценции (температурное, концентрационное, посторонними примесями). Анализ смесей люминесцирующих веществ. Эффект Шпольского. Спектрофлуориметры. Применение и выбор первичных и вторичных светофильтров. Определение неорганических и органических веществ по собственной люминесценции. Перевод веществ в люминесцирующие соединения.</p>
<b>Тема 6.</b> Методы рентгеновской спектроскопии	<p>Обзор методов рентгеноспектрального анализа. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.</p> <p>Метод электронного зонда и его применение для локального элементного анализа. Рентгенофлуоресцентный метод. Области применения, возможности, достоинства и ограничения этого метода.</p> <p>Рентгенофазовый анализ. Получение и интерпретация дифрактограмм. Практическое применение рентгенофазового анализа.</p>
<b>Тема 7.</b> Общее представление о других инструментальных методах. Масс-спектрометрия. Термические методы.	<p>Общие принципы масс-спектрометрии. Схема и основные узлы масс-спектрометра. Важнейшие способы ионизации. Типы масс-анализаторов. Получение масс-спектров. Применение масс-спектрометрии для элементного и изотопного анализа. Идентификация и определение органических веществ. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Аналитические возможности и области применения масс-спектрометрического анализа.</p> <p>Классификация методов термического анализа.</p>



	<p>Термогравиметрия, термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия. Термопары. Комбинированные термические методы анализа. Дериватографы. Синхронные термоанализаторы. Применение методов для исследования физико-химических свойств и анализа веществ и материалов.</p>
<p><b>Тема 8.</b> Кинетические и биохимические методы анализа.</p>	<p>Области использования, решаемые задачи, практическое значение метода. Скорость химической реакции как аналитический сигнал. Каталитические и некаталитические кинетические методы анализа, их чувствительность и селективность. Определение концентрации реагентов с использованием кинетических данных (метод тангенсов, фиксированного времени и др.). Индикаторные реакции при определении катализаторов, требования к ним. Общее представление о ферментативных методах анализа. Практическое применение ферментативных методов в клиническом анализе и в анализе объектов окружающей среды.</p> <p>Общее представление о биохимических методах анализа. Использование ферментов, ДНК, РНК, антител, живых клеток и микроорганизмов в анализе (в частности, в виде тест-методов). Примеры определения ферментов, субстратов, ингибиторов и активаторов. Иммуноанализ и иммуноферментный анализ. Биосенсоры. Принципы функционирования и области применения биосенсоров. Классификация биосенсоров по природе биологического компонента и типу преобразователя сигнала (потенциометрические, амперометрические, оптические и другие сенсоры). Примеры применения биосенсоров.</p> <p>Общее представление о биологических методах анализа.</p>
<p><b>Тема 9.</b> Тенденции и перспективы развития химического анализа.</p>	<p>Тенденции развития химического анализа: увеличение доли инструментальных методов, механизация и компьютеризация анализа, усиление внимания к анализу органических веществ и объектов окружающей среды, переход к анализу смесей без разделения компонентов, развитие внелабораторных и гибридных методов (сенсоры, системы «электронный нос» и «электронный язык», дистанционные методы, тест – системы). Автоматизация анализа, применение автосемплеров и компьютеризированных измерительных приборов. Проточно-инжекционный анализ. Миниатюризация аналитических приборов. Снижение пределов обнаружения известных методов анализа. Развитие резонансных и ядерно-физических методов.</p> <p>Развитие теоретических основ разных методов анализа, их сближение и объединение с учетом достижений метрологии, информатики и хемометрики. Постепенное создание единой теории аналитической химии и ее превращение в междисциплинарную науку.</p>

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 6.1. Форма обучения – очная, курс – 1, семестр – 2

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
<b>Тема 1.</b> Общее представление о химическом анализе	2	6		10	18
<b>Тема 2.</b> Аналитическая химия как научная дисциплина. Учение об аналитическом сигнале.	2	6		10	18
<b>Тема 3.</b> Качественный анализ неорганических веществ химическими и инструментальными методами	2	6		10	18
<b>Тема 4.</b> Экстракционные и сорбционные методы Темеания и концентрирования	2	6		10	18
<b>Тема 5.</b> Хроматографические методы.	3	6		9	18
<b>Тема 6.</b> Аналитические свойства реакций в гомогенных водных растворах. Кислотно-основное равновесие.	3	6		9	18
<b>Тема 7.</b> Образование и растворение осадков в анализе.	3	6		9	18
<b>Тема 8.</b> Комплексные соединения в анализе. Маскирование и демаскирование.	3	7		9	19
<b>Тема 9.</b> Органические реагенты в анализе.	2	6		10	18
<b>Тема 10.</b> Окислительно-восстановительное равновесие и инструментальные методы анализа.	3	7		9	19
<b>Тема 11.</b> Пробоотбор и пробоподготовка	2	6		9	17
<b>Тема 12.</b> Анализ вещества неизвестного состава	3	7		9	19
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	30	75		113	218

## 6.2. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
<b>Тема 1.</b> Метрологические основы химического анализа.	5	10		20	35
<b>Тема 2.</b> Гравиметрический метод анализа	5	10		20	35
<b>Тема 3.</b> Введение в титриметрический анализ. Кислотно-основное титрование	6	12		19	37
<b>Тема 4.</b> Окислительно-восстановительное титрование.	6	12		18	36
<b>Тема 5.</b> Осадительное титрование.	6	12		18	36
<b>Тема 6.</b> Комплексонометрическое титрование.	6	12		18	36
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34	68		113	215

## 6.3. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 4

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего

<b>Раздел 1.</b> Общая характеристика электрохимических методов. Потенциометрия.	4	8		6	24
<b>Тема 2.</b> Вольтамперометрические методы.	4	8		6	24
<b>Тема 3.</b> Кулонометрия и электрогравиметрия. Кондуктометрия.	4	8		6	24
<b>Тема 4.</b> Общее представление о спектроскопических методах. Методы атомной спектроскопии.	4	8		6	24
<b>Тема 5.</b> Методы молекулярной спектроскопии.	4	8		6	25
<b>Тема 6.</b> Методы рентгеновской спектроскопии.	4	8		6	24
<b>Тема 7.</b> Общее представление о других инструментальных методах. Масс-спектрометрия. Термические методы.	3	6		6	24
<b>Тема 8.</b> Кинетические и биохимические методы анализа.	3	6		5	23
<b>Тема 9.</b> Тенденции и перспективы развития химического анализа.	4	8		5	23
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34	68		113	215
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	98	211		339	648

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

#### 7.1.1. Курс – 1, семестр – 2

##### Тема 1

1. Определение аналитической химии как науки.

##### Тема 2

2. Аналитический сигнал как носитель качественной и количественной информации о веществе.
3. Виды аналитических сигналов: химические, физические, биологические.
4. Графическое изображение аналитического сигнала.
5. Чувствительность и предел определения.
6. Интенсивность аналитического сигнала и количество элементарных объектов, вызывающих этот сигнал. Математическая зависимость.
7. Градуировочная функция и градуировочный график. Графическое изображение.
8. Стандартные образцы и стандартные вещества.
9. Количественное определение веществ по градуировочной функции, стандарту или стандартным образцам.
10. Классификация методов анализа.

##### Тема 3

11. Специфические аналитические сигналы и идентификация веществ.
12. Дробный анализ и специфические условия получения аналитического сигнала.
13. Выборочные (селективные) реагенты.

## Тема 4

14. Разделение катионов на аналитические группы. Групповые реагенты при систематическом ходе анализа. Требования к групповым реагентам.
15. Разделение и концентрирование методом экстракции. Закон распределения.
16. Классификация экстрагентов и типы экстракционных систем.
17. Константа распределения. Коэффициент распределения. Степень извлечения.
18. Уравнение экстракции. Константа экстракции. Коэффициент разделения.
19. Многократное использование органических растворителей в экстракции. Автоматические экстракторы. Реэкстракция.

## Тема 5

20. Хроматография. Принцип метода. Классификация хроматографических методов.
21. Коэффициент распределения. Графическое изображение хроматограммы. Хроматографы.
22. Газовая хроматография. Сорбенты и носители. Область применения.
23. Жидкостная хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Ионная хроматография.
24. Ионообменная хроматография. Природные и синтетические ионообменники. Функциональные группы в ионообменниках. Классификация ионообменных сорбентов и их свойства.
25. Реакции ионного обмена. Элюирование. Использование ионного обмена в анализе.
26. Тонкослойная и бумажная хроматография. Коэффициент  $R_f$ .
27. Методы осаждения и соосаждения. Органические и неорганические осадители и коллекторы. Использование в аналитической химии.
28. Сорбция. Типы сорбентов.
29. Электрохимические методы разделения (электрофорез, электроосмос и др.).

## Тема 6

30. Состояние электролитов в растворах.
31. Состояние веществ в идеальных и реальных системах.
32. Сольватация, ионизация, диссоциация.
33. Связь между концентрацией и активностью. Аналитическая концентрация и измеряемая приборами активность ионов.
34. Коэффициенты активности. Концентрационные константы. Ионная сила растворов.
35. Общая и равновесная концентрации. Влияние химических факторов на равновесие.
36. Кислотно-основное равновесие. Расчеты pH.
37. Буферные растворы.
38. Буферные системы крови.
39. Прогнозирование состояния веществ и ионов в окружающей среде, биожидкостях.

## Тема 7

40. Требования к осадкам и реакциям осаждения в анализе.
41. Равновесие в системе осадок-раствор. Произведение растворимости, его связь с растворимостью, использование в анализе.
42. Факторы, влияющие на растворимость малорастворимых соединений: температура, растворитель, наличие одноименных и посторонних ионов, конкурирующие реакции комплексообразования и кислотно-основное равновесие и т.д.

43. Реакция превращения осадков в анализе.
44. Расчеты активности (концентрации) ионов в системе раствор-осадок.
45. Условия осаждения и растворения трудно растворимых сульфидов. Использование свойств трудно растворимых сульфидов в анализе. Сероводородная классификация катионов.
46. Схема систематического анализа катионов по кислотно-основной классификации.
47. Схема систематического анализа катионов по сероводородной классификации.

#### Тема 8

48. Типы комплексных соединений, которые используются в аналитической химии.
49. Свойства комплексных соединений, имеющих аналитическое значение: стойкость, растворимость, окраска, летучесть.
50. Классификация комплексных соединений.
51. Количественная характеристика комплексных соединений: константы устойчивости (ступенчатые, общие), функция образования (среднее число лигандов), функция закомплексованности, степень образования комплексов.
52. Факторы, влияющие на комплексообразование: электронная структура центрального атома и донорного атома лиганда, pH, концентрация компонентов, ионная сила раствора, температура.
53. Влияние комплексообразования на растворимость соединений, окислительно-восстановительный потенциал систем, кислотно-основное равновесие, стабилизацию различной степени окисления.
54. Комплексные соединения в анализе для обнаружения, идентификации, распределения, концентрирования и количественного определения ионов.
55. Маскирование и демаскирование с использованием комплексных соединений.

#### Тема 9

56. Общие понятия – органические аналитические реагенты, хелатные комплексные соединения, ионные ассоциаты.
57. Функционально-аналитические группы органических аналитических реагентов.
58. Гипотеза аналогий взаимодействия ионов металлов с неорганическими и органическими реагентами.
59. Факторы, влияющие на устойчивость хелатных комплексных соединений.
60. Правило циклов Чугаева.
61. Влияние пространственных факторов на образование и устойчивость хелатов и ионных ассоциатов.
62. Повышение избирательности действия органических реагентов путем регулирования pH, концентрации реагентов, маскировкой и др.
63. Использование органических аналитических реагентов в качественном и количественном анализе.

#### Тема 10

64. Равновесия в растворе, содержащем окислители и восстановители.
65. Стандартный ( $E^\circ$ ) и реальный ( $E$ ) окислительно-восстановительный потенциал системы, методы их измерения.
66. Оценка силы окислителя (восстановителя) по значениям  $E$ . Влияние различных факторов на величину  $E$  окислительно-восстановительной системы (температура, pH, химические и электростатические взаимодействия и т.д.).
67. Теоретические расчеты направления аналитической реакции и константы окислительно-восстановительного равновесия. Пути регулирования направления аналитической окислительно-восстановительной реакции.



68. Электрохимическая и электролитическая ячейки. Электроаналитические методы.

69. Использование окислительно-восстановительных реакций в анализе (идентификация, методы разделения и концентрирования, окислительно-восстановительное титрование, электрохимические методы и другие).

#### Тема 11

70. Отбор пробы для анализа. Представительность пробы. Первичная (генеральная) проба.

71. Методы сокращения пробы (квартования и др.).

72. Лабораторная и аналитическая пробы.

73. Факторы, обуславливающие размер и способы отбора представительной пробы.

74. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ.

Отбор представительной пробы биологических материалов.

75. Отбор представительной пробы промышленных и бытовых отходов.

76. Опасность и токсичность химических веществ.

77. Основные средства перевода пробы в форму, необходимую для данного вида анализа. Растворение в различных средах, спекание, сплавление, микроволновая обработка и др.

78. Средства устранения и учета загрязнений и потерь при пробоподготовке.

79. Вода в пробах и методы ее определения.

#### Тема 12

60. Определение "неизвестное вещество"; виды проб неизвестного вещества, история пробы.

61. Использование стандартных и нестандартных методов, сенсорного анализа, экспертных систем и тест-методов при определении состава неизвестного вещества.

62. Подготовка вещества к качественному анализу.

63. Выбор схемы анализа.

64. Промышленные и бытовые отходы как объекты анализа.

65. ИК-спектроскопия в анализе неизвестного вещества.

### 7.1.2. Курс – 2, семестр – 3

#### Тема 1

1. Основные метрологические характеристики методов анализа.

2. Граница определения вещества.

3. Принципы выбора метода анализа.

4. Систематические и случайные погрешности химического анализа.

5. Способы проверки правильности результатов анализа.

6. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Стандартные вещества.

7. Статистическая обработка и представление результатов анализа.

8. Погрешности разных методов и стадий анализа.

9. Аналитическая служба. Аккредитация аналитических лабораторий.

10. Аттестация методик химического анализа.

#### Раздел 2

11. Принцип и метрологические характеристики метода.

12. Требования к осадкам в анализе.

13. Схема образования осадка. Кристаллические и аморфные осадки.

14. Зависимость структуры осадка от его свойств и условий осаждения.

15. Условия образования кристаллических осадков.

16. Загрязнение осадка и способы его предотвращения.

17. Коллоидные системы в гравиметрическом анализе.
18. Погрешности в гравиметрическом анализе.
19. Неорганические и органические осадители в анализе.

### Раздел 3

20. Методы титриметрического анализа. Классификация. Погрешность метода.
21. Требования к реакциям в титриметрическом анализе.
22. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Расчеты результатов титриметрического анализа.
23. Закон эквивалентов, фактор эквивалентности.
24. Точка эквивалентности и конечная точка титрования.
25. Первичные и вторичные стандарты, требования к ним. Фиксаналы.
26. Автоматические титраторы. Определение неорганических и органических соединений.
27. Кислотно-основное титрование. Характеристика метода.
28. Кривые титрования.
29. Кислотно-основное титрование в неводной среде.
30. Кислотно-основные индикаторы. Ионная и хромофорная теория индикаторов.
31. Выбор индикатора для установления конечной точки титрования. Погрешности титрования.
32. Приготовление и стандартизация раствора гидроксида натрия, хлороводородной кислоты.
33. Анализ смеси карбоната и гидрокарбоната натрия, смеси карбоната и гидроксида натрия.
34. Определение азота по методу Кьельдаля и солей аммония прямым и непрямым методами.

### Тема 4

35. Перманганатометрия. Принцип метода. Примеры практического применения.
36. Кривая титрования. Причины, которые влияют на ход кривой титрования: концентрация ионов водорода, ионная сила раствора, комплексообразование.
37. Способы фиксации точки эквивалентности.
38. Индикаторы. Ошибки титрования.
39. Иодо- и иодиметрическое титрование. Система иод-иодид как окислитель и восстановитель.
40. Метод прямого титрования. Методы обратного титрования, титрование заместителя.
41. Дихроматометрия. Принцип метода. Индикаторы. Фиксирование конечной точки титрования. Практическое использование метода в анализе.
42. Броматометрия, цериметрия, титанометрия, ванадатометрия. Принципы методов. Индикаторы. Способы фиксирования точки эквивалентности.
43. Определение неорганических и органических веществ.

### Тема 5

44. Кривая титрования. Способы определения конечной точки титрования.
45. Титрование смеси ионов.
46. Индикаторы. Ошибка титрования.
47. Аргентометрия. Примеры практического использования.
48. Определение хлоридов в природных и сточных водах.

### Тема 6

49. Неорганические и органические титранты в комплексонометрии.

50. Применение аминополикарбоновых кислот в комплексонометрии.
51. Построение кривых титрования.
52. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним.
53. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы.
54. Способы комплексонометрического титрования: прямое, обратное, косвенное по замещению.
55. Селективность титрования и способы её повышения. Погрешность титрования.
56. Примеры практического применения. Определение кальция, магния, железа, алюминия, меди, цинка в природных и промышленных объектах.
57. Определение общей жесткости воды.

### 7.1.2. Курс – 2, семестр – 4

#### Тема 1

58. Прямая потенциометрия. Принцип метода.
59. Измерение потенциала. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы.
60. Индикаторные электроды.
61. Ионметрия. Сенсоры в анализе.
62. Классификация ионоселективных электродов: электроды с гомогенными и гетерогенными кристаллическими мембранами.
63. Стекланные электроды.
64. Электроды с подвижными носителями.
65. Ферментные и газочувствительные электроды.
66. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика.
67. Примеры практического применения ионметрии. Определение pH, ионов щелочных металлов, галогенид-ионов.
68. Требования к химическим и электрохимическим реакциям в потенциометрическом титровании.
69. Индикаторные электроды и электроды сравнения при использовании разных типов химических реакций.
70. Определение точки эквивалентности.
71. Автоматическое потенциометрическое титрование.

#### Тема 2

72. Природа аналитического сигнала в методах вольтамперометрии.
73. Факторы, влияющие на величину предельного диффузионного тока.
74. Качественный и количественный вольтамперометрический анализ. Методы количественного определения веществ в вольтамперометрии.
75. Вольтамперометрия с твердыми электродами. Инверсионная вольтамперометрия, особенности метода, чувствительность метода.
76. Амперометрия. Суть метода и особенности в сравнении с прямой вольтамперометрией.
77. Кривые амперометрического титрования.
78. Примеры использования методов вольтамперометрии в анализе промышленных объектов и окружающей среды.
79. Метрологические характеристики метода.

#### Тема 3

80. Кулонометрия. Принцип метода. Классификация методов. Основные условия проведения кулонометрических определений.

81. Прямая кулонометрия. Условия проведения анализа. Способы определения количества электричества, потраченного на электропревращение компонента, и момента завершения электрохимической реакции.

82. Кулонометрическое титрование. Определение конечной точки титрования в кулонометрических методах. Преимущества и ограничения метода.

83. Примеры кулонометрических определений органических и неорганических веществ, газов.

84. Кондуктометрические методы анализа. Природа аналитического сигнала. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование.

85. Примеры определения методом кондуктометрии.

#### Тема 4

86. Спектры атомов. Основные и возбужденные состояния атомов. Характеристика спектральных линий: положение в спектре, интенсивность, связь интенсивности с количеством излучающих частиц.

87. Принцип и аналитический сигнал атомно-эмиссионного метода.

88. Качественный и количественный атомно-эмиссионный анализ. Метрологические характеристики и аналитические возможности.

89. Основные узлы спектрального прибора. Стилоскоп, спектрографы.

90. Автоматический атомно-эмиссионный анализ. Квантометры. Химико-спектральный анализ.

91. Атомно-эмиссионный анализ с индуктивно-связанной плазмой. Метрологические характеристики и аналитические возможности.

92. Эмиссионная пламенная фотометрия.

93. Атомно-флуоресцентный анализ.

94. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. Принцип и аналитический сигнал метода.

95. Источники излучения. Атомизаторы.

96. Количественный атомно-абсорбционный анализ природных и промышленных объектов.

#### Тема 5

97. Аналитические сигналы. Закон светопоглощения в анализе. Закон аддитивности. Принципы методов. Метрологические характеристики и аналитические возможности методов.

98. Фотометрические системы. Реакции в фотометрии.

99. Выбор аналитических условий фотометрических реакций.

100. Влияние различных факторов на величину аналитического сигнала.

101. Фотометрические аналитические реагенты, требования к ним.

102. Способы определения концентрации аналита. Градуировочная зависимость. Метод добавок. Фотометрическое титрование. Дифференциальная фотометрия.

103. Анализ многокомпонентных смесей.

104. Спектрофотометрия как метод исследования реакций в растворах.

105. Автоматическая фотометрия.

106. Гибридные методы в спектрофотометрии.

107. Виды люминесценции, используемые в анализе.

108. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии. Закон Вавилова.

109. Факторы, влияющие на интенсивность люминесценции.

110. Количественный анализ люминесцентным методом.

111. Тушение люминесценции.

112. Метрологические характеристики и аналитические возможности метода.

113. Принципиальная схема прибора.

114. Примеры использования люминесцентного метода анализа в аналитической химии.

115. Условия возникновения аналитического сигнала при взаимодействии ИК-излучения с веществом. Типичные определяемые вещества.

116. Закон светопоглощения в ИК-области.

117. Характеристика аналитического сигнала в ИК-спектроскопии и техника его измерения.

118. Характеристические полосы поглощения в ИК-спектре, идентификация методом структурно-группового анализа.

119. Количественный ИК-спектроскопический анализ.

120. Метрологические характеристики.

#### Тема 6

121. Природа характеристического рентгеновского излучения. Характер зависимости его частоты от заряда ядра атома (Закон Мозли).

122. Принцип рентгенофлуоресцентного метода анализа, методы внутреннего и внешнего стандартов.

#### Тема 7

123. Принцип масс-спектрометрического метода анализа. Принципиальная схема масс-спектрометра.

#### Тема 8

124. Принципы методов ядерно-магнитного и электронно-парамагнитного резонанса.

125. Закон радиоактивного распада. Принципы радиоактивного и радиометрического методов анализа.

126. Принцип работы счетчиков радиоактивного излучения – ионизационной камеры и газоразрядного счетчика. Единицы измерения радиоактивности.

127. В чем заключается суть кинетических методов анализа? Требования, предъявляемые к индикаторным реакциям.

#### Тема 9

128. Вещественный анализ (выявление и количественное определение отдельных химических и физических форм компонентов).

129. Недеструктивный анализ.

130. Внелабораторный анализ.

131. Автоматизация анализа.

132. Миниатюризация средств анализа и анализа в целом. Мини-анализаторы. Использование микрочипов.

133. Многоступенчатый анализ. Скрининг проб.

134. Замена покомпонентного анализа распознаванием общего образа объекта. Электронные нос и язык.

135. Полупроводниковые газовые сенсоры. Биосенсоры.

136. Гибридизация методов и создание соответствующих приборов: сочетание пробоподготовки и определения; сочетание разделения и определения; сочетание разных методов определения.

137. Пищевые продукты, лекарства и объекты молекулярной биологии, медицины, биотехнологии – приоритетные объекты анализа.

138. Новые и модифицированные аналитические формы в оптических методах анализа.



7.2. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Основные признаки комплексного соединения. Что такое координационное число и дентатность лиганда? Использование комплексных соединений в анализе.

2. Во сколько раз изменится растворимость  $Sr(IO_3)_2$  в: а) 0,1 М растворе  $Sr(NO_3)_2$ ; б) 0,1 М растворе  $NaIO_3$  по сравнению с насыщенным водным раствором?  
 $PP_{Sr(IO_3)_2} = 3.3 \cdot 10^{-7}$ .

3. Вычислить окислительно-восстановительный потенциал в растворе, содержащем 15,8 г/л  $KMnO_4$ , 0,1 моль/л  $MnSO_4$ ,  $pH = 2.7$ .  
 $E^0_{MnO_4^-, H^+ / Mn^{2+}} = 1.51B$

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

### 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и лабораторных занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

#### 8.1. Семестр 2 очная форма обучения

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-12	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольная работа	20
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

#### 8.2. Семестр 3 очная форма обучения

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-6	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольная работа	20
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

## 8.3. Семестр 4 очная форма обучения

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-9	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольная работа	20
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

## Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в IX учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, ул. Щорса, 17а). Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Оборудование лабораторий и специализированных кабинетов кафедры аналитической химии, в которых проходит изучение курса «Аналитическая химия»: атомно-абсорбционный спектрофотометр Сатурн-2, приборный комплекс Графит-2, атомно-абсорбционный спектрофотометр С-115ПК, весы аналитические WA-33, атомно-абсорбционный спектрофотометр Сатурн-3, иономер И-160МИ, спектрограф ИСП-30, фотоэлектроколориметр КФК-2, электронные весы AXIS ANG 200С, установка для непламенного определения ртути «Юлия», цифровая лаборатория «Releon».

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.405).

При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии. С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 11.1. Основная литература

1. Аналитическая химия [Текст]: в 3-х томах: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специализации «Химия». Т. 1. Методы идентификации и определения веществ / под ред Л.Н. Москвина [А.А. Белюстин и др.]. – М.: Академия, 2008. – 576 с.

2. Аналитическая химия [Текст]: в 3-х томах: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специализации «Химия». Т. 3. Химический анализ / под ред Л.Н. Москвина [Ч.Г. Зенкевич и др.]. – М.: Академия, 2010. – 365 с.

3. Основы аналитической химии: учебник для студентов вузов. Т. 1. Общие вопросы. Методы разделения / под ред. Ю. А. Золотова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2010.

4. Основы аналитической химии: учебник для студентов вузов. Т. 2. Методы химического анализа / под ред. Ю. А. Золотова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2010.

5. Кристиан Г. Аналитическая химия [Текст] Учеб для студентов. В 2-х т. Том 2 / Г. Кристиан; пер. с англ. А.В. Гармаша, Е.Э. Григорьевой, А.В. Иванова и др. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 504 с.

#### 11.2. Дополнительная литература

1. Васильев В. П. Аналитическая химия: учебник для студентов вузов. Кн. 1: Титриметрические и гравиметрические методы анализа / Васильев В. П. – М.: Дрофа, 2004.

2. Васильев В.П. Аналитическая химия: учебник для студентов вузов. Кн. 2: Физико-химические методы анализа / Васильев В.П. – М.: Дрофа, 2004.

3. Алемасова А.С., Енальева Л.Я. Лекции по аналитической химии. – Донецк: ДонГУ, 2007. – 278 с.

4. Шевчук, И. А. Практикум по аналитической химии. Гравиметрический и титриметрический методы в анализе природных и промышленных объектов: [учеб. пособие] [Электронный ресурс] / И. А. Шевчук, Т. Н. Симонова, А. Н. Рокун; Донецкий нац. ун-т. - Донецк : Вебер, 2009. - 390 с.

5. Алемасова А.С. Методы идентификации и определения веществ: практикум для студентов направления подготовки 04.03.01 «Химия», 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» / А.С. Алемасова, А.Н. Рокун, Н.Д. Щепина, А.В. Добрыдин, О.А. Матвиенко, Н.В. Алемасова; ГОУ ВПО «ДОННУ». – Донецк: Изд-во «Цифровая типография», 2022. – 224 с.

## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система раздел «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система раздел: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система раздел ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

### 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).