

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н.Г. Чернышевского»

**ИНСТИТУТ ХИМИИ**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической  
работе, д-р физ.-мат. наук, профессор

Е.Е. Елина

« 31 » августа 2016 г.



**Рабочая программа дисциплины**

**СОВРЕМЕННАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Направление подготовки кадров высшей квалификации

*04.06.01 «Химические науки»*

Направленность

*Аналитическая химия*

Квалификация (степень) выпускника

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

Очная

Саратов  
2016

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель дисциплины:** Формирование у аспирантов компетенций, связанных с пониманием теоретических основ и тенденций развития современных методов анализа с целью оптимизации их практического применения при решении разнообразных научных и прикладных задач на основе полученных обобщенных знаний и развитого логического мышления.

### **Задачи:**

- сформировать понимание тенденций развития физических, физико-химических, биологических и гибридных методов анализа, их связь с запросами современного общества.
- уметь обоснованно выбирать оптимальный метод анализа в зависимости от поставленной задачи, возможностей лаборатории и требуемого качества соответствующей продукции.
- уметь применять компьютерные технологии, хемометрические алгоритмы для оперативного решения задач аналитической химии;
- выработать навыки применения нормативно-технической документации по метрологии, стандартизации и сертификации с целью обеспечения качества анализа.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Современная аналитическая химия» является обязательной дисциплиной, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части ООП по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки», направленность – Аналитическая химия – Б1.В.ОД.2.1 (индекс по учебному плану).

Дисциплина «Современная аналитическая химия» изучается в 3 семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе изучения таких дисциплин, как: Контроль качества пищевых продуктов (магистратура), Информационные ресурсы и базы данных (аспирантура). Взаимосвязь курса с другими дисциплинами ООП способствует углубленной подготовке аспирантов к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций.

## 3. Результаты обучения, определенные в картах компетенций и формируемые по итогам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Современная аналитическая химия» направлен на формирование следующей компетенции:

умение прогнозировать конечный результат исследования при выполнении профессиональных функций, опираясь на фундаментальные основы химии, накопленный экспериментальный опыт в избранной области, современные наукоемкие технологии и аппаратный парк (ПК-1)

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

### •Знать:

- аналитическую службу как систему;
- значимость аналитических операций для менеджмента качества;
- основные принципы устройства и работы современного оборудования;
- основы метрологии, стандартизации и сертификации в анализе.

•Уметь:

- обоснованно выбирать соответствующий метод анализа в зависимости от поставленной задачи и возможностей лаборатории;
- на современном уровне производить различные химико-аналитические операции;
- с помощью компьютерных технологий производить обработку получаемых аналитических сигналов и корректно представлять результаты анализа.
- оценивать качество производимых аналитических измерений;

•Владеть:

- современными физическими, физико-химическими, биологическими и гибридными методами анализа;
- элементами хемометрического анализа.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов (72 аудиторные, 108 – самостоятельная работа аспирантов)

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	практические	СР	
1	ВВЕДЕНИЕ. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.	3	6	-	10	Устный опрос
2	ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ И ПРОЦЕССОВ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ	3	8	-	14	Контрольная работа №1
3	МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ, РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА	3	14	-	16	Презентация докладов
4	ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.	3	6	-	14	Контрольная работа №2
5	КИНЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА: ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ, КУЛОНЕМЕТРИЯ, ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ И ДР.	3	18	-	20	Устный опрос
6	СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. МЕТОДЫ АТОМНОЙ ОП-	3	12	-	18	Контрольная работа №3

	ТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ. МЕТОДЫ АТОМНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ. МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ. ДРУГИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.					
7	ПРОБООТБОР И ПРОБОПОДГОТОВКА. ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ АНАЛИЗА	3	8		16	Презентация докладов
Итого: 180 часа			72		108	зачет

### Содержание дисциплины

#### ПРОГРАММА дисциплины "СОВРЕМЕННАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ"

#### ВВЕДЕНИЕ

Предмет аналитической химии, ее структура. Индивидуальность аналитической химии, ее место в системе наук, связь с практикой. Значение аналитической химии в науке, экономике и других сферах. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения; повышение точности и избирательности; обеспечение экспрессности; анализ без разрушения; локальный анализ; дистанционный анализ. Виды анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Химические, физические и биологические методы анализа. Макро-, микро- и ультрамикроанализ.

Основные этапы развития аналитической химии. Современное состояние и тенденции развития аналитической химии: инструментализация, автоматизация, математизация, миниатюризация, увеличение доли физических методов, переход к многокомпонентному анализу, создание сенсоров и тест-методов. Научная химико-аналитическая литература.

#### МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Основные стадии химического анализа. Выбор метода анализа и составление схем анализа. Абсолютные (безэталонные) и относительные методы анализа. Основные метрологические понятия и представления: измерение методы и средства измерений, метрологические требования к результатам измерений, основные принципы и способы обеспечения достоверности результатов измерений, погрешности. Аналитический сигнал и помехи. Объем информации в аналитическом сигнале. Способы определения содержания по данным аналитических измерений.

Основные характеристики метода анализа: правильность и воспроизводимость, коэффициент чувствительности, предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний.

Классификация погрешностей анализа. Систематические и случайные погрешности. Погрешности отдельных стадий химического анализа. Способы оценки правильности: использование стандартных образцов, метод добавок, метод варьирования навесок, сопоставление с другими методами. Стандартные образцы, их изготовление, аттестация и использование. Статистическая обработка результатов измерений. Закон нормального распределения случайных ошибок, I- и F-распределения. Средняя дисперсия, стандартное откло-

нение. Проверка гипотезы нормальности, гипотезы однородности результатов измерений. Сравнение дисперсии и средних двух методов анализа. Регрессионный анализ. Использование метода наименьших квадратов для построения градуировочных графиков.

Требования к метрологической оценке в зависимости от объекта и цели анализа. Способы повышения воспроизводимости и правильности анализа Организация и методология метрологического обеспечения деятельности аналитической службы. Проверка аппаратуры, аттестация нестандартных средств измерений и методик анализа. Аккредитация лабораторий.

## **ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ И ПРОЦЕССОВ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Основные типы химических реакций в аналитической химии: кислотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления. Используемые процессы: осаждение-растворение, экстракция, сорбция. Константы равновесия реакций и процессов. Состояние веществ в идеальных и реальных системах. Ионы. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая — Хюккеля. Коэффициенты активности. Концентрационные константы. Описание сложных равновесий. Общая и равновесная концентрации. Условные константы. Графическое описание равновесий (распределительные и концентрационно-логарифмические диаграммы).

Скорость реакций в химическом анализе. Быстрые и медленные реакции. Элементарные стадии реакции. Скоростопределяющая стадия. Кинетические уравнения. Молекулярность и порядок реакций. Факторы, влияющие на скорость. Катализаторы, ингибиторы. Автокаталитические реакции. Индуцированные и сопряженные реакции. Понятие об индукторе, акторе, акцепторе. Индукционный фактор. Примеры ускорения и замедления реакций и процессов, используемых в химическом анализе. Управление реакциями и процессами в аналитической химии.

Кислотно-основные реакции. Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса. Теория Бренстеда — Лоури. Равновесие в системе кислота — сопряженное основание и растворитель. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания. Нивелирующий и дифференцирующий эффект растворителя.

Кислотно-основное равновесие в многокомпонентных системах. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисления рН растворов незаряженных и заряженных кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований, смеси кислот и оснований.

Реакции комплексообразования. Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Классификация комплексных соединений по характеру взаимодействия металл-лиганд, по однородности лиганда и центрального иона (комплексообразователя): внутрисферные комплексы и ионные ассоциаты (внешнесферные комплексы и ионные пары), однороднолигандные и смешанолигандные, полиядерные (гетерополиядерные и гомополиядерные).

Ступенчатое комплексообразование. Количественные характеристики комплексных соединений: константы устойчивости (ступенчатые и общие), функция образования (среднее лигандное число), функция закомплексованности, степень образования комплекса. Факторы, влияющие на комплексообразование: строение центрального атома и лиганда, концентрация компонентов, рН, ионная сила раствора, температура.

Классификация комплексных соединений по термодинамической и кинетической устойчивости.

Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть.

Влияние комплексообразования на растворимость соединений, кислотно-основное равновесие, окислительно-восстановительный потенциал систем, стабилизацию различных степеней окисления элементов. Способы повышения чувствительности и селективности анализа с использованием комплексных соединений.

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, роль различных функциональных групп.

Теория аналогий взаимодействия ионов металлов с неорганическими реагентами типа  $H_2O$ ,  $NH_3$  и  $H_2S$  и кислород-, азот-, серосодержащими органическими реагентами. Основные типы соединений, образуемых с участием органических реагентов. Хелаты, внутрикомплексные соединения. Факторы, определяющие устойчивость хелатов: природа донорных атомов и структура реагента, размер цикла, число циклов, характер связи металл-лиганд.

Важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе для разделения, обнаружения, определения ионов металлов, для маскирования и демаскирования.

Взаимодействие органических реагентов с органическими веществами: комплексы "гость-хозяин"; комплексы с переносом заряда; л-комплексы.

Органические реагенты для органического анализа.

Возможности использования комплексных соединений и органических реагентов в различных методах анализа.

Окислительно-восстановительные реакции. Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Связь константы равновесия со стандартными потенциалами. Направление реакции окисления и восстановления. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Понятие о смешанных потенциалах. Механизмы окислительно-восстановительных реакций.

Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе. Методы предварительного окисления и восстановления определяемого элемента.

Процессы осаждения и соосаждения. Равновесие в системе раствор — осадок. Осадки и их свойства. Схема образования осадка. Кристаллические и аморфные осадки. Зависимость структуры осадка от его индивидуальных свойств (растворимости, полярности молекул) и условий осаждения (концентрации осаждаемого иона и осадителя, солевого состава раствора и pH, температуры). Зависимость формы осадка от скорости образования первичных частиц их роста. Факторы, влияющие на растворимость осадков: температура, ионная сила, действие одноименного иона, реакции протонизации, комплексообразования, окисления-восстановления, структура и размер частиц. Условия получения кристаллических осадков. Гомогенное осаждение. Старение осадка (превращение метастабильной кристаллической модификации в более устойчивую форму; химическое старение в результате изменения состава осадка — дегидратации-гидратации, поликонденсации). Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция: окклюзия: внутренняя адсорбция, инклюзия, изоморфизм и др.). Положительное и отрицательное значение явления соосаждения в анализе. Особенности образования коллоидно-дисперсных систем. Использование коллоидных систем в химическом анализе.

## МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Задачи и выбор метода идентификации химических соединений. Идентификация атомов, ионов и веществ. Дробный и систематический анализ. Физические методы обнаружения и идентификации неорганических и органических веществ. Микрорентгенофлуоресцентный анализ, пирохимический анализ (окрашивание пламени, возгонка, образование перлов). Капельный анализ. Анализ растиранием порошков. Хроматографические методы качественного анализа. Экспрессный качественный анализ в заводских и полевых условиях. Тест-методы обнаружения веществ. Примеры практического применения методов обнаружения.

## МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ, РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ

Основные методы разделения и концентрирования, их роль в химическом анализе, выбор и оценка. Сочетание методов разделения и концентрирования с методами определения; гибридные методы. Разделение сопоставимых количеств элементов и отделение малых количеств от больших. Одноступенчатые и многоступенчатые процессы разделения. Константы распределения. Коэффициент распределения. Степень извлечения. Фактор разделения. Коэффициент концентрирования.

**Методы экстракции.** Теоретические основы методов. Закон распределения. Классификация экстракционных процессов. Скорость экстракции. Типы экстракционных систем. Условия экстракции неорганических и органических соединений. Реэкстракция. Природа и характеристика экстрагентов.

Разделение элементов методом экстракции. Основные органические реагенты, используемые для разделения элементов методом экстракции. Селективное разделение элементов методом подбора органических растворителей, изменение pH водной фазы, маскирования и демаскирования. Приборы для экстракции.

**Методы осаждения и соосаждения.** Применение неорганических и органических реагентов для осаждения. Способы разделения путем установления различных значений pH, образования комплексных соединений и применения окислительно-восстановительных реакций. Групповые реагенты и предъявляемые к ним требования. Характеристики мало-растворимых соединений, наиболее часто используемых в анализе. Концентрирование микроэлементов соосаждением на неорганических и органических носителях (коллекторах).

Другие методы. Электрохимические методы. Отгонка (дистилляция, возгонка). Зонная плавка. Селективное растворение. Направленная кристаллизация. Химические транспортные реакции. Мембранные методы. Сорбция. Флотация. Термодиффузия.

## ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Определение хроматографии. Понятие о подвижной и неподвижной фазах. Классификация методов по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по механизму разделения, по технике выполнения. Способы получения хроматограмм (фронтальный, вытеснительный, элюентный). Основные параметры хроматограммы. Основное уравнение хроматографии. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Теория теоретических тарелок. Кинетическая теория. Разрешение как фактор оптимизации хроматографического процесса. Качественный и количественный хроматографический анализ.

**Газовая хроматография. Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) и жидкостная хроматография.** Сорбенты и носители, требования к ним. Механизм разделения. Схема газового хроматографа. Колонки. Детекторы, их чувствительность и селективность. Области применения газовой хроматографии.

**Жидкостная хроматография.** Виды жидкостной хроматографии. Преимущества высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Схема жидкостного хроматографа. Насосы, колонки. Основные типы детекторов, их чувствительность и селективность.

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

**Ионообменная хроматография.** Строение и физико-химические свойства ионообменников. Ионообменное равновесие. Селективность ионного обмена и факторы его определяющие. Области применения ионообменной хроматографии. Ионная хроматография как вариант высокоэффективной ионообменной хроматографии. Особенности строения и свойства сорбентов для ионной хроматографии. Одноколоночная и двухколоночная ионная хроматография, их преимущества и недостатки. Ионохроматографическое определение

катионов и анионов. Ион-парная и лигандообменная хроматография. Общие принципы. Подвижные и неподвижные фазы. Области применения.

**Эксклюзионная хроматография.** Общие принципы метода. Подвижные и неподвижные фазы. Особенности механизма разделения. Определяемые вещества и области применения метода.

**Плоскостная хроматография.** Общие принципы разделения. Способы получения плоскостных хроматограмм (восходящий, нисходящий, круговой, двумерный). Реагенты для проявления хроматограмм. *Бумажная хроматография.* Механизмы разделения. Подвижные фазы. Преимущества и недостатки. *Тонкослойная хроматография.* Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы. Области применения.

### ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА

Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадите.<sup>TM</sup>. Погрешности в гравиметрическом анализе. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Изменения состава осадка при высушивании и прокаливании. Термогравиметрический анализ.

Аналитические весы. Чувствительность весов и ее математическое выражение. Факторы, влияющие на точность взвешивания. Техника взвешивания.

Примеры практического применения гравиметрического метода анализа. *Определение элементов в виде оксидов. Определение кальция и магния; источники ошибок при их определении. Определение серы, галогенов в неорганических и органических соединениях. Различные методы определения фосфора и кремния. Применение органических реагентов для определения никеля, кобальта, цинка и магния*

### ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

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

**Кислотно-основное титрование.** Построение кривых титрования. Влияние величины констант кислотности или основности, концентрации кислот или оснований, температуры на характер кривых титрования. Кислотно-основное титрование в неводных средах. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований.

Примеры практического применения.

**Окислительно-восстановительное титрование.** Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования: концентрация ионов водорода, комплексообразование, ионная сила. Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования.

Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия.

Иодометрия и иодиметрия. Система иод-иодид как окислитель или восстановитель.

Бихроматометрия.

Броматометрия, цериметрия, ванадатометрия, титанометрия, хромометрия. Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы.

Осадительное титрование. Построение кривых титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

**Комплексометрическое титрование.** Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминокполикарбоновых кислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляе-

мые к ним. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Способы комплексонометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешности титрования.

Примеры практического применения. Определение кальция, магния, железа, алюминия, меди, цинка в растворах чистых солей и при совместном присутствии.

**Другие титриметрические методы анализа.** Термометрическое, радиометрическое титрование. Сущность методов.

### **КИНЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

Сущность кинетических методов. Каталитический и некаталитический варианты кинетических методов; их чувствительность и селективность. Типы используемых каталитических и некаталитических реакций: окисления-восстановления, обмена лигандов в комплексах, превращения органических соединений, фотохимические и ферментативные реакции. Способы определения концентрации по данным кинетических измерений.

Примеры практического применения.

### **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

Общая характеристика электрохимических методов. Классификация. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Равновесные и неравновесные электрохимические системы. Явления, возникающие при протекании тока (омическое падение напряжения, концентрационная и кинетическая поляризация). Поляризационные кривые и их использование в различных электрохимических методах.

### **ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ**

**Прямая** потенциометрия. Измерение потенциала. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы. Индикаторные электроды. Ионметрия. Классификация ионселективных электродов: электроды с гомогенными и гетерогенными кристаллическими мембранами, стеклянные электроды, электроды с подвижными носителями, ферментные и газочувствительные электроды. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика.

Примеры практического применения ионметрии.

**Потенциометрическое титрование.** Изменение электродного потенциала в процессе титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Использование реакций кислотно-основных, осаждения, комплексообразования, окисления-восстановления.

Примеры практического применения.

### **КУЛОНОМЕТРИЯ**

Теоретические основы. Закон Фарадея. Способы определения количества электричества. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Кулонометрия при постоянном токе и постоянном потенциале. Внешняя и внутренняя генерация кулонометрического титранта. Титрование электроактивных и электронеактивных компонентов. Определение конечной точки титрования. Преимущества и ограничения метода кулонометрического титрования по сравнению с другими титриметрическими методами.

Примеры практического применения.

### **ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ**

Индикаторные электроды и классификация вольтамперометрических методов. Преимущества и недостатки ртутного электрода. Применение твердых электродов. Получение и характеристика вольтамперной кривой. Конденсаторный, миграционный, диффузионный токи. Предельный диффузионный ток. Полярография. Уравнение Ильковича. Уравнение полярографической волны Ильковича — Гейровского. Потенциал полуволны. Факторы, влияющие на величину потенциала полуволны. Современные виды вольтамперометрии:

прямая и инверсионная, переменноточковая; хроноамперометрия с линейной разверткой (осциллография). Преимущества и ограничения по сравнению с классической полярографией.

Амперометрическое **титрование**. Сущность метода. Индикаторные электроды. Выбор потенциала индикаторного электрода. Амперометрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами. Виды кривых титрования.

Примеры практического применения вольтамперометрических методов и амперометрического титрования.

### ДРУГИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Общая характеристика электрогравиметрических методов. Электропроводность растворов и принципы кондуктометрии. Хронопотенциометрия — вольтамперометрия при постоянном токе. Практическое применение методов.

Сравнительная характеристика чувствительности и избирательности, областей применения электрохимических методов.

### СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Спектр электромагнитного излучения. Энергия фотонов, частота, волновое число, длина волны; связь между ними; термины, символы, единицы измерения. Составляющие внутренней энергии частиц и соответствующие им диапазоны электромагнитного излучения. Основные типы взаимодействия вещества с излучением: эмиссия (тепловая, люминесценция), поглощение, рассеяние. Классификация спектроскопических методов по природе частиц, взаимодействующих с излучением (атомные, молекулярные); характеру процесса (абсорбционные, эмиссионные); диапазону электромагнитного излучения.

Спектры атомов. Основные и возбужденные состояния атомов, характеристики состояний. Энергетические переходы, правила отбора. Вероятности электронных переходов и времена жизни возбужденных состояний. Характеристики спектральных линий: положение в спектре, интенсивность, полуширина. Причины уширения спектральных линий.

Спектры молекул; их особенности. Схемы электронных уровней молекулы. Электронные, колебательные и вращательные спектры молекул. Зависимость вида спектра от агрегатного состояния вещества.

Основные законы испускания и поглощения электромагнитного излучения. Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого компонента. Основные способы определения концентрации в спектроскопических методах.

Аппаратура. Способы монохроматизации лучистой энергии. Классификация спектральных приборов, их характеристики: дисперсия, разрешающая способность, светосила. Приемники излучения: фотоэмульсия, фотоэлементы, фотоумножители, полупроводниковые приемники. Инструментальные помехи. Шумы и отношение сигнал — шум.

### МЕТОДЫ АТОМНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

**Атомно-эмиссионный метод.** Принципиальная схема атомно-эмиссионного спектрометра. Источники атомизации и возбуждения (атомизаторы): электрические разряды (дуговые, искровые, пониженного давления), пламена, плазменные источники (плазмотроны, индуктивно связанная плазма), лазеры. Их основные характеристики: температура, состав атмосферы атомизатора, концентрация электронов.

Физические и химические процессы в атомизаторах. Спектральные и физико-химические помехи, способы их устранения. Особенности подготовки пробы и ее введения в атомизаторы различного типа. Качественный и количественный анализ атомно-эмиссионным методом. Метрологические характеристики и аналитические возможности.

**Атомно-абсорбционный метод.** Принципиальная схема атомно-абсорбционного спектрометра. Атомизаторы (пламенные и непламенные). Источники излучения (лампы с полым катодом, источники сплошного спектра, лазеры), их характеристики.

Спектральные и физико-химические помехи, способы их устранения. Возможности, достоинства и недостатки метода, его сравнение с атомно-эмиссионным методом. Метрологические характеристики.

Примеры практического применения атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов.

### **МЕТОДЫ АТОМНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

Рентгеновские спектры, их особенности. Способы генерации, монохроматизации и регистрации рентгеновского излучения. Виды рентгеновской спектроскопии: рентгено-эмиссионная, рентгено-абсорбционная, рентгенофлуоресцентная. Принцип рентгеноэмиссионной спектроскопии; рентгеноспектральный микроанализ (электронный зонд). Основы рентгенофлуоресцентной спектроскопии; особенности и значение метода (быстрый неразрушающий многоэлементный анализ): примеры использования.

### **МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия).

Принципиальная схема прибора. Классификация аппаратуры с точки зрения способа монохроматизации (фотометры, спектрофотометры). Основные причины отклонения от основного закона светопоглощения (инструментальные и физико-химические).

Связь химической структуры соединения с абсорбционным спектром. Способы получения окрашенных соединений. Фотометрические аналитические реагенты, требования к ним. Способы определения концентрации веществ. Измерение высоких, низких оптических плотностей (дифференциальный метод). Анализ многокомпонентных систем. Спектрофотометрия как метод исследования реакций в растворах (комплексообразования, протолитических, агрегации), сопровождающихся изменением спектров поглощения. Метрологические характеристики и аналитические возможности. Примеры практического применения.

**Методы колебательной спектроскопии.** Колебательные спектры молекул. Их особенности. Классификация методов по способу получения колебательных спектров (ИК- и КР-спектроскопия). Принципиальная схема прибора. Основные типы источников излучения, детекторов.

Качественный (молекулярный, структурно-групповой) и количественный анализ методами ИК- и КР-спектроскопии. Метрологические характеристики и аналитические возможности методов, сравнение с методом спектрофотометрии. Примеры использования.

Молекулярная **люминесцентная** спектроскопия. Классификация видов люминесценции по источникам возбуждения (хемилюминесценция, биолюминесценция, электролюминесценция, фотолюминесценция и др.): механизму и длительности свечения. Флуоресценция и фосфоресценция. Схема Яблонского. Закон Стокса — Ломмеля, правило зеркальной симметрии Левшина. Принципиальная схема прибора.

Факторы, влияющие на интенсивность люминесценции. Тушение люминесценции. Спектральные и физико-химические помехи. Количественный анализ люминесцентным методом. Метрологические характеристики и аналитические возможности метода, сравнение с методом спектрофотометрии. Преимущества люминесцентной спектроскопии при идентификации и определении органических соединений. Примеры использования.

Место и роль спектроскопических методов в аналитической химии и химическом анализе.

### **ДРУГИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

Масс-спектрометрия. Идентификация и определение органических веществ; элементный и изотопный анализ. Хромато-масс-спектрометрия. Общие представления о резонансных (ЭПР-, ЯМР-, Мессбауэровская спектроскопия) и ядерных методах.

#### **Автоматизация анализа и использование ЭВМ аналитической химии**

Использование ЭВМ в аналитической химии: сбор и первичная обработка результатов анализа; обработка многокомпонентных спектров и хроматограмм; установление кор-

реляций аналитических свойств с пространственным электронным строением реагентов, интермедиатов, продуктов аналитических реакций. Управление аналитическими приборами, создание гибридных устройств анализатор-ЭВМ. Планирование и оптимизация эксперимента. Симплекс-оптимизация Расчеты равновесий.

Математические методы в практике работы химико-аналитических лабораторий.

Автоматизация и механизация химического анализа. Автоматизация периодического, дискретного анализа и непрерывного анализа в потоке. Проточно-инжекционный анализ. Автоматизированные приборы, системы и комплексы, автоматы-анализаторы для лабораторного и производственного анализа. Персональные компьютеры. Примеры современных высокоэффективных аналитических приборов-автоматов (газоанализаторы, хромато-масс-спектрометры, автоматические приборы и системы для проточно-инжекционного анализа, для отбора и анализа проб космического вещества, лабораторные роботы).

### **ПРОБООТБОР И ПРОБОПОДГОТОВКА**

Представительность пробы; проба и объект анализа; проба и метод анализа. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ: устройства и приемы, используемые при этом: первичная обработка и хранение проб: дозирующие устройства.

Основные способы перевода пробы в форму, необходимую для данного вида анализа: растворение в различных средах; спекание, сплавление, разложение под действием высоких температур, давления, высокочастотного разряда; комбинирование различных приемов; особенности разложения органических соединений. Способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.

### **ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ АНАЛИЗА**

Объекты окружающей среды; воздух; природные воды (поверхностные, подземные). атмосферные осадки, почвы, донные отложения. Характерные особенности и задачи их анализа.

Биологические и медицинские объекты. Аналитические задачи в этой области. Санитарно-гигиенический контроль.

Геологические объекты. Анализ силикатов, карбонатов, железных, никель-кобальтовых руд, полиметаллических руд.

Производственный анализ. Анализ технологических растворов, сточных вод.

Металлы, сплавы и другие продукты металлургической промышленности. Определение черных, цветных, редких, благородных металлов и анализ их сплавов. Анализ неметаллических включений и определение газообразующих примесей в металлах. Контроль металлургических производств.

Атомные материалы. Определение тория, урана, плутония, трансплутониевых элементов и некоторых продуктов деления.

Неорганические соединения. Вещества особой чистоты (в том числе полупроводниковые материалы, материалы высокотемпературной сверхпроводимости); определение в них примесных и легирующих микроэлементов. Послойный и локальный анализ кристаллов и пленочных материалов.

Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Виды анализа таких объектов и соответствующие методы. Примеры решения задач контроля органических производств.

Специальные объекты анализа: токсичные и радиоактивные вещества, токсины в пищевых продуктах, наркотики, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы, космические объекты. Аналитическая химия элементов. Основные методы выделения и определения элементов.

## 5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Наряду с традиционными образовательными технологиями широко используются технологии, основанные на методах научно-технического творчества и современных информационных средствах, включающие, в том числе, обучение на основе учебных дискуссий, индивидуальных проектов, поисковых задач, разбора конкретных ситуаций.

Предусмотрена конференция с представлением аспирантами индивидуального проекта-презентации об использовании информационных технологий в их научно-исследовательской работе. Аспиранты самостоятельно осуществляют поиск научной информации по теме НИД с использованием основных мировых баз данных.

При чтении лекций используются мультимедийные презентации, при этом лекции читаются в форме лекции-беседы. Лекции составляют основу теоретического обучения и должны давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание аспирантов на наиболее сложных вопросах, стимулировать активную познавательную деятельность аспирантов и способствовать формированию творческого мышления. Ведущим методом в лекции является устное изложение учебного материала, сопровождающееся иллюстративным материалом.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

### 6.1. Виды самостоятельной работы

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
ВВЕДЕНИЕ. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	Лекции Алов Н.В., Василенко И.А., Гольдштрах М.А., Грибов Л.А., Дворкин В.И., Дедков Ю.М., Ерохин Е.В., Ефимова Ю.А., Ищенко А.А., Колотов В.П., Лукьянов А.Е., Перов А.А., Проскурин М.А., Сергеев Н.М., Фетисов Г.В. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа / Под ред. А.А.Ищенко. М.: Изд. Центр «Академия», 2010. Т. 2.416 с.
ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ И ПРОЦЕССОВ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ	Выполнение контрольной работы №1 «Классические методы анализа»	Лекции <a href="http://www.library.sgu.ru">Web: library.sgu.ru</a> Вершинин В.И., Власова И.В., Никифорова И.А. Основы аналитической химии / Под ред. В.И. Вершинина. Омск: Изд-во Омск. гос. ун-та, 2007. 592 с.
МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ, РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИ. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА	Подготовка индивидуальных презентаций на тему «Физические методы анализа»	Лекции <a href="http://www.chem.msu.su/rus/teaching/analyt">http://www.chem.msu.su/rus/teaching/analyt</a>
ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.	Выполнение контрольной работы №2 «Методы анализа поверхности»	Лекции <a href="http://www.sgu.ru/faculties/chemical/pankratov">Web:www.sgu.ru/faculties/chemical/pankratov</a>

КИНЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА: ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ, КУЛОНЕМЕТРИЯ, ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ И ДР.	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	Лекции <a href="http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/chrom">http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/chrom</a>
СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. МЕТОДЫ АТОМНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ. МЕТОДЫ АТОМНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ. МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ. ДРУГИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.	Выполнение контрольной работы №3 «Хемотроника в анализе»	Лекции Основы аналитической химии. Кн.2. Методы химического анализа / Ю.А.Золотов, Е.Н.Дорохова, В.И.Фадеева и др.; Под ред. Ю. А. Золотова. М.: Высшая школа, 2004. 503 с.
ПРОБООТБОР И ПРОБОПОДГОТОВКА. ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ АНАЛИЗА	Подготовка индивидуальных презентаций на тему «Пробоотбор и пробоподготовка. Автоматизация анализа»	Лекция <a href="http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt">http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt</a>
Итого часов на самостоятельную работу: 108 часов		

## 6.2. Вопросы для углубленного самостоятельного изучения

1. Классификация методов химического анализа. Основные характеристики методов.
2. Аналитический сигнал. Способы определения концентрации вещества.
3. Количественные характеристики точности (правильности и прецизионности) химического анализа.
4. Систематические и случайные погрешности химического анализа.
5. Представительная проба. Размер и способы отбора проб твердых, жидких и газообразных объектов.
6. Подготовка пробы к анализу (растворение, таблетирование, обеззоливание, разделение, концентрирование).
7. Идеальные и реальные системы. Активность, общая и равновесные концентрации. Уравнение материального баланса.
8. Основные положения кислотно-основной теории Бренстеда-Лоури.
9. Сильные и слабые кислоты и основания. Буферные растворы и их свойства.
10. Титрование кислот и оснований, титрование смесей кислот и оснований.
11. Количественные характеристики комплексных соединений. Применение комплексов в химическом анализе.
12. Органические реагенты. Применение в химическом анализе.
13. Окислительно-восстановительные реакции. Окислительно-восстановительный потенциал, факторы, влияющие на его величину.
14. Окислительно - восстановительное титрование. Примеры практического применения.
15. Кинетические методы анализа, их метрологические характеристики.
16. Сущность титриметрического метода анализа. Требования к реакциям в титриметрии. Растворы первичных и вторичных стандартов.
17. Кривые титрования, принцип построения. Кривые титрования в различных методах анализа. Индикаторы.
18. Равновесие в системе «осадок – раствор». Факторы, влияющие на растворимость осадков.
19. Различия в условия осаждения кристаллических и аморфных осадков.
20. Виды загрязнений осадков (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение) и способы устранения загрязнений.
21. Разделение и концентрирование в химическом анализе. Общая характеристика.
22. Экстракция как метод разделения и концентрирования. Основные теоретические положения.

23. Сущность хроматографического метода анализа. Виды хроматографии.
24. Вольтамперометрия. Сущность метода и его разновидности.
25. Потенциометрия. Сущность метода и его разновидности
26. Кулонометрия. Сущность метода и его разновидности.
27. Виды спектров, используемых в спектроскопических методах химического анализа.
28. Закон Ламберта-Бугера-Бера, его использование в спектроскопических методах анализа.
29. Источники атомизации и возбуждения в атомно-эмиссионных спектроскопических методах химического анализа.
30. Люминесцентный анализ. Флуоресценция и фосфоресценция. Характеристики метода и области применения.
31. Требования, предъявляемые к осаждаемой и гравиметрической формам.
32. Сформулируйте правила адсорбции. Какие факторы влияют на количество адсорбированных примесей?
33. Что такое гравиметрический фактор (F)? Какая гравиметрическая форма лучше подходит для определения магния - пирофосфат или оксихинолинат?
34. Дайте определение понятиям титрование, скачок титрования, точка эквивалентности, конечная точка титрования.
35. Какие факторы влияют на величину скачка на кривой кислотно-основного титрования?
36. Приведите примеры первичных и вторичных стандартных растворов, используемых в кислотно-основном титровании.
37. На чем основано действие металлоиндикатора в комплексонометрическом титровании?
38. Укажите способы комплексонометрического титрования.
39. Какие способы используются для фиксирования конечной точки титрования в окислительно-восстановительном титровании?
40. Сущность метода перанганометрии, первичные стандартные вещества.
41. Сущность метода иодометрии, первичные стандартные вещества.
42. Дайте определение следующих понятий: экстракция, экстрагент, разбавитель, экстракт. Приведите примеры.
43. Сформулируйте условия экстракции веществ.
44. Использование пламени в методе атомной эмиссии. Процессы, протекающие в пламени.
45. Каковы способы атомизации вещества в методах атомной эмиссии и абсорбции?
46. Какой вид имеет зависимость степени атомизации вещества от температуры пламени, которое используется для его атомизации? Объясните ход кривой.
47. Какие элементы можно определять пламенным эмиссионным методом с высокой чувствительностью?
48. Какие источники излучения используют в методе атомной абсорбции. Чем обусловлена высокая селективность метода?
49. Какой из методов и почему лучше для проведения многоэлементного анализа: атомно-абсорбционный или атомно-эмиссионный?
50. Что такое эффект «тушения люминесценции»? Виды тушения.
51. Изобразите схематически взаимное расположение спектров поглощения и люминесценции вещества.
52. Основной закон светопоглощения. Причины отклонения от закона Бугера-Ламберта-Бера.
53. Представьте графически следующие зависимости (при соблюдении основного закона светопоглощения):  $A=f(A)$ ,  $A=f(C)$ ,  $s=f(C)$ ,  $A=f(l)$ .
54. В чем состоит преимущество хроматографии по сравнению с экстракцией и сорбцией?

54. Нарисуйте элюентную хроматограмму разделения двух веществ. Какие хроматографические параметры используют для идентификации компонентов смеси?
55. Какие параметры хроматографического пика используют для количественного анализа? Перечислите основные методы количественного хроматографического анализа.
56. Как провести деионизацию воды с помощью ионообменников? Напишите уравнения ионообменных процессов.
57. Как устроен стеклянный электрод? В каком интервале pH он функционирует?
58. Какие требования предъявляют к электродам сравнения? Приведите их примеры.
59. Как функционируют электроды 1-го рода в потенциометрии?
60. Приведите типы мембран, используемые в ионометрии.
61. Сформулируйте законы Фарадея. Как определяют количество электричества в прямой кулонометрии и в кулонометрическом титровании?
62. Каковы преимущества кулонометрического титрования перед классической титриметрией?
63. Какие характеристики вольтамперограммы лежат в основе качественного и количественного анализа?
64. Какие факторы влияют на величину предельного диффузионного тока в вольт-амперометрии?

### **6.3. Порядок выполнения самостоятельной работы**

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины. В ходе освоения курса предполагается работа с лекциями и литературными источниками, выполнение трех контрольных работ, поиск научных публикаций по теме научно-исследовательской работы, написание реферата по предложенным темам, подготовка презентации по использованию информационных технологий в научно-исследовательской работе аспиранта, выступление с докладом на конференции с вышеуказанной презентацией.

## **7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **7.1. Формы текущего контроля работы аспирантов**

В данной дисциплине в качестве форм текущего контроля используются:

- устный опрос на лекциях по материалам предыдущей лекции (для контроля самостоятельной работы студентов с конспектами лекций);
- письменный отчет о результатах поиска научных публикаций по теме научно-исследовательской работы аспиранта;
- контрольная работа по обработке данных химического анализа;
- презентация индивидуального проекта.

### **7.2. Порядок осуществления текущего контроля**

Текущий контроль выполнения заданий осуществляется регулярно, начиная со второй недели семестра. Контроль и оценивание работы с конспектами лекций осуществляется на второй неделе семестра в виде устного опроса на лекциях. Текущий контроль освоения отдельных разделов дисциплины осуществляется при помощи письменного отчета о поиске научных публикаций по теме НИД, контрольных работ, презентации индивидуального проекта в завершении изучения каждого раздела. Система текущего контроля успеваемости служит в дальнейшем наиболее качественному и объективному оцениванию в ходе промежуточной аттестации.

### 7.3. Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

### 7.4. Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств см. Приложение №1.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература:

1. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа / Под ред. А.А.Ищенко. М.: Изд. Центр «Академия», 2010. Т. 2.416 с.

### Дополнительная литература

1. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг / Варта-нов А.З., Рубан А.Д., Шкуратник В.Л.. Изд-во: "Горная книга", 2009, 640 с. (ЭБС Лань).

### Интернет-ресурсы по теме дисциплины

Портал «Аналитическая химия в России» <http://www.rusanalytchem.org>

Химическая информационная сеть <http://www.chemnet.ru> - портал химического факультета МГУ.

ChemicSoft <http://www.chemicsoft.ru/> - подборка программного обеспечения по химии для ученых, преподавателей, студентов. Базы данных. Справочники и учебники по химии.

Информация для химиков <http://www.chem.ac.ru/> - подборка ссылок на электронные базы данных химической информации: библиотеки, энциклопедии, материалы конференций и пр. Информация о научных событиях. Сайт на английском языке.

Мир химии <http://mirhim.ucoz.ru/> - справочная информация, опыты, новости науки.

Электронная библиотека по химии <http://www.chemnet.ru/rus/elbibch.html> - сайт химического факультета МГУ, на котором представлены: книги и аналитические обзоры, учебники и журналы, учебные базы данных, а также Нобелевские премии по химии.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Слайды, рисунки, схемы по темам лекций.
2. Компьютер.
3. Мультимедийный проектор.

## 10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению «Химические науки», направленность «Аналитическая химия».

Автор программы  Кулапина Е.Г., проф., д.х.н.

Актуализированная программа одобрена на заседании кафедры аналитической химии и химической экологии от 24 июня 2015 г., протокол № 11.

Программа актуализирована на заседании кафедры аналитической химии и химической экологии от 30 августа 2016 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой, д.х.н., доцент



Т.Ю. Русанова

Директор Института химии  
д.х.н., профессор

О.В. Федотова



## **Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации**

### **1. Задания для текущего контроля**

#### **Презентация докладов**

##### **Приблизительные темы докладов:**

1. Цели использования и достоинства тест-систем.
2. Ограничения тест-систем.
3. Химические основы тестов: реакции и реагенты.
4. Средства и приемы анализа жидких сред (индикаторные бумаги, порошки, трубки, таблетки, ампулы, капельницы и др.)
5. Классификация систем регистрации.
6. Тест-анализ воды и почвы на неорганические компоненты. 7. Тест-анализ воды и почвы на органические компоненты.
8. Тест-анализ воздуха и паров.
9. Тест-обнаружение паров алкоголя, наркотиков, отравляющих и взрывчатых веществ.
10. Тест-методы в медицине.
11. Химические сенсоры» - что это?
12. Сенсоры в мониторинге окружающей среды.
13. Твердофазные потенциометрические химические сенсоры .
14. Потенциометрические химические сенсоры с полимерными мембранами. .
15. Практические аспекты применения потенциометрических химических сенсоров»
16. Вольтамперометрические химические сенсоры.
17. Оптические химические сенсоры.
18. Калориметрические сенсоры.
19. Твердоэлектролитные и полупроводниковые газовые сенсоры 10. Масс-чувствительные сенсоры.
20. Будущее сенсоров. «Электронный нос» и «Электронный язык».

#### **Требования к презентации:**

Презентация доклада должна быть выполнена аккуратно и грамотно, графические материалы (таблицы, графики, схемы, иллюстрации) должны наглядно демонстрировать положения разрабатываемой темы.

Использованная литература должна располагаться в следующем порядке: источники, справочные издания, монографии и статьи, адреса сайтов в алфавитном порядке по именам их авторов. Указываются фамилия и инициалы авторов, полное название используемого источника, место издания, наименования издательства, год издания, общее количество страниц.

Иллюстрации должны иметь название, которое помещают над иллюстрацией. Иллюстрация обозначается словом «Рис.», которое помещают после поясняющих данных. Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах всей работы. Если в работе одна иллюстрация, её не нумеруют.

Нумерация листов приложений должна быть сквозная, она является продолжением общей нумерации основного текста.

Представление рисунков, таблиц, графиков должно быть сделано с помощью компьютера в стандартной программе Power Point..

### **Схема презентации**

Время доклада 7 минут. После доклада - вопросы слушателей и ответы (2 минуты).

#### 1. Введение

В этой части необходимо обосновать необходимость проведения исследования и его актуальность. Другими словами вы должны доказать, что доклад достоин того, чтобы его слушали. Время для введения - примерно 1 минута. Необходимо объяснить, почему важно исследовать данную тему, чем интересен выбранный объект с точки зрения выбранной науки. Необходимо рассказать, кто и где изучал эту тему ранее. Указать сильные и слабые стороны известных результатов.

#### 2 Теоретическая часть

Эта часть обязательна в докладе, без теоретического обоснования работы обойтись нельзя. Необходимо показать сегодняшний уровень вашего понимания проблемы и на основании теории попытаться сформулировать постановку задачи. Время для этой части доклада - примерно 4 минуты.

#### 3.Наглядно- иллюстративная часть

Эта часть касается электронной презентации, время которой входит в теоретическую часть. Необходимо заранее найти человека, который бы смог управлять проектором во время выступления.

#### 4. Методика исследования

Методика или способ исследования должна быть обоснованна. Поясните, покажите её преимущества и возможности при проведении исследования.

#### 5. Результаты работы.

Необходимо перечислить основные, наиболее важные результаты работы.

#### Правила оформления электронной презентации

##### 1. Общие требования к смыслу и оформлению:

- Всегда необходимо отталкиваться от целей презентации и от условий прочтения;

Презентации должны быть разными - своя на каждую ситуацию. Презентация для выступления, презентация для отправки по почте или презентация для личной встречи значительно отличаются.

#### **Общий порядок слайдов:**

- Титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации;

- План презентации (5-6 пунктов - это максимум);

-Основная часть (не более 10 слайдов);

- Заключение (выводы);

- Спасибо за внимание (подпись).

### **Общие требования к стилевому оформлению:**

- Дизайн должен быть простым и лаконичным;
- Основная цель- читаемость, а не субъективная красота. При этом не надо впадать в другую крайность и писать на белых листах чёрными буквами - не у всех это получается стильно;
- Цветовая гамма должна состоять не более чем из двух – трёх цветов;
- Шрифты с засечками читаются легче, чем гротески (шрифты без засечек);
- Шрифтовой контраст можно создать посредством: размера шрифта, толщины шрифта, начертания, формы, направления и цвета;
- Идеальное сочетание текста, света и фона: тёмный шрифт, светлый фон;
- Всегда должно быть два типа слайдов: для титульных, планов и т.п. и для основного текста;
- Каждый слайд должен иметь заголовок;
- Все слайды должны быть выдержаны в одном стиле;
- На каждом слайде должно быть не более 3-х иллюстраций;
- На каждом слайде не более 17 слов;
- Слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов;
- На слайдах должны быть тезисы - они сопровождают подробное изложение мыслей докладчика, а не наоборот;
- Использовать встроенные эффекты анимации можно только, когда без этого не обойтись. Обычно анимация используется для привлечения внимания слушателей (например, последовательное появление элементов диаграммы).
- Оформление слайда не должно отвлекать внимание слушателей от его содержательной части;

После создания презентации и её оформления, необходимо отрепетировать её показ и своё выступление, проверить, как будет выглядеть презентация в целом (на проекционном экране), насколько скоро и адекватно она воспринимается из разных мест аудитории, при разном освещении, шумовом сопровождении, в обстановке, максимально приближённой к реальным условиям выступления.

### **Критерии оценки:**

«зачтено»	Выполнение требований
«не зачтено»	Не выполнение требований более чем на 25 процентов

### **Вопросы для устных опросов:**

1. Классификация методов химического анализа. Основные характеристики методов.
2. Аналитический сигнал. Способы определения концентрации вещества.

3. Количественные характеристики точности (правильности и прецизионности) химического анализа.
4. Систематические и случайные погрешности химического анализа.
5. Представительная проба. Размер и способы отбора проб твердых, жидких и газообразных объектов.
6. Подготовка пробы к анализу (растворение, таблетирование, обеззоливание, разделение, концентрирование).
7. Идеальные и реальные системы. Активность, общая и равновесные концентрации. Уравнение материального баланса.
8. Основные положения кислотно-основной теории Бренстеда-Лоури.
9. Сильные и слабые кислоты и основания. Буферные растворы и их свойства.
10. Титрование кислот и оснований, титрование смесей кислот и оснований.
11. Количественные характеристики комплексных соединений. Применение комплексов в химическом анализе.
12. Органические реагенты. Применение в химическом анализе.
13. Окислительно-восстановительные реакции. Окислительно-восстановительный потенциал, факторы, влияющие на его величину.
14. Окислительно - восстановительное титрование. Примеры практического применения.
15. Кинетические методы анализа, их метрологические характеристики.
16. Сущность титриметрического метода анализа. Требования к реакциям в титриметрии. Растворы первичных и вторичных стандартов.
17. Кривые титрования, принцип построения. Кривые титрования в различных методах анализа. Индикаторы.
18. Равновесие в системе «осадок – раствор». Факторы, влияющие на растворимость осадков.
19. Различия в условия осаждения кристаллических и аморфных осадков.
20. Виды загрязнений осадков (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение) и способы устранения загрязнений.
21. Разделение и концентрирование в химическом анализе. Общая характеристика.
22. Экстракция как метод разделения и концентрирования. Основные теоретические положения.
23. Сущность хроматографического метода анализа. Виды хроматографии.
24. Вольтамперометрия. Сущность метода и его разновидности.
25. Потенциометрия. Сущность метода и его разновидности
26. Кулонометрия. Сущность метода и его разновидности.
27. Виды спектров, используемых в спектроскопических методах химического анализа.
28. Закон Ламберта-Бугера-Бера, его использование в спектроскопических методах анализа.
29. Источники атомизации и возбуждения в атомно-эмиссионных спектроскопических методах химического анализа.
30. Люминесцентный анализ. Флуоресценция и фосфоресценция. Характеристики метода и области применения.
31. Требования, предъявляемые к осаждаемой и гравиметрической формам.
32. Сформулируйте правила адсорбции. Какие факторы влияют на количество адсорбированных примесей?
33. Что такое гравиметрический фактор (F)? Какая гравиметрическая форма лучше подходит для определения магния - пирофосфат или оксихинолинат?
34. Дайте определение понятиям титрование, скачок титрования, точка эквивалентности, конечная точка титрования.
35. Какие факторы влияют на величину скачка на кривой кислотно-основного титрования?
36. Приведите примеры первичных и вторичных стандартных растворов, используемых

- в кислотно-основном титровании.
37. На чем основано действие металлоиндикатора в комплексонометрическом титровании?
  38. Укажите способы комплексонометрического титрования.
  39. Какие способы используются для фиксирования конечной точки титрования в окислительно-восстановительном титровании?
  40. Сущность метода перанганометрии, первичные стандартные вещества.
  41. Сущность метода иодометрии, первичные стандартные вещества.
  42. Дайте определение следующих понятий: экстракция, экстрагент, разбавитель, экстракт. Приведите примеры.
  43. Сформулируйте условия экстракции веществ.
  44. Использование пламени в методе атомной эмиссии. Процессы, протекающие в пламени.
  45. Каковы способы атомизации вещества в методах атомной эмиссии и абсорбции?
  46. Какой вид имеет зависимость степени атомизации вещества от температуры пламени, которое используется для его атомизации? Объясните ход кривой.
  47. Какие элементы можно определять пламенным эмиссионным методом с высокой чувствительностью?
  48. Какие источники излучения используют в методе атомной абсорбции. Чем обусловлена высокая селективность метода?
  49. Какой из методов и почему лучше для проведения многоэлементного анализа: атомно-абсорбционный или атомно-эмиссионный?
  50. Что такое эффект «тушения люминесценции»? Виды тушения.
  51. Изобразите схематически взаимное расположение спектров поглощения и люминесценции вещества.
  52. Основной закон светопоглощения. Причины отклонения от закона Бугера-Ламберта-Бера.
  53. Представьте графически следующие зависимости (при соблюдении основного закона светопоглощения):  $A=f(A)$ ,  $A=f(C)$ ,  $s=f(C)$ ,  $A=f(l)$ .
  54. В чем состоит преимущество хроматографии по сравнению с экстракцией и сорбцией?
  55. Нарисуйте элюентную хроматограмму разделения двух веществ. Какие хроматографические параметры используют для идентификации компонентов смеси?
  56. Какие параметры хроматографического пика используют для количественного анализа? Перечислите основные методы количественного хроматографического анализа.
  57. Как провести деионизацию воды с помощью ионообменников? Напишите уравнения ионообменных процессов.
  58. Как устроен стеклянный электрод? В каком интервале pH он функционирует?
  59. Какие требования предъявляют к электродам сравнения? Приведите их примеры.
  60. Как функционируют электроды 1-го рода в потенциометрии?
  61. Приведите типы мембран, используемые в ионометрии.
  62. Сформулируйте законы Фарадея. Как определяют количество электричества в прямой кулонометрии и в кулонометрическом титровании?
  63. Каковы преимущества кулонометрического титрования перед классической титриметрией?
  64. Какие характеристики вольтамперограммы лежат в основе качественного и количественного анализа?
  65. Какие факторы влияют на величину предельного диффузионного тока в вольтамперометрии?

### Контрольные работы:

#### Примеры задач:

1. Имеется 1М раствор  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и 2М раствор  $\text{NH}_3$ . Как из них приготовить буферный раствор: а) с рН 9,25; б) с рН 10,25? Для  $\text{NH}_3$   $pK_b = 4,75$ .
2. Как из 1М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 1М  $\text{CH}_3\text{COONa}$  приготовить буферный раствор с рН 5,75? Для  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $pK_a = 4,75$ .
3. Рассчитайте рН буферных растворов: а) 0,1М  $\text{NH}_4\text{Cl}$  + 0,1М  $\text{NH}_3$ ; б) 0,2М  $\text{NH}_4\text{Cl}$  + 0,2М  $\text{NH}_3$ . Какой из этих буферных растворов и почему, будет дольше поддерживать рН постоянным при прибавлении к ним одинаковых порций 0,1 М  $\text{HCl}$ ? Для  $\text{NH}_3$   $pK_b = 4,75$ .
4. Титруют 0,1 М раствор  $\text{NH}_3$  0,1 М раствором  $\text{HCl}$ . Рассчитайте величину рН в точке эквивалентности. Для  $\text{NH}_3$   $pK_b = 4,75$ .
5. Какой комплекс преобладает в растворе, содержащем 0.500М кадмия (II) и 2,0 М иодида калия? Константы устойчивости иодидных комплексов кадмия равны:  $P_1 = 1,91 \cdot 10^2$ ;  $P_2 = 2,69 \cdot 10^3$ ;  $P_3 = 3,09 \cdot 10^4$ ;  $P_4 = 2,57 \cdot 10^5$ .
6. Навеску каолина массой 0,2480 г растворили, после отделения кремниевой кислоты раствор разбавили до 250 мл в мерной колбе. Из 20,00 мл полученного раствора осадили 8-оксихинолилат алюминия. После высушивания получили осадок массой 0,1038 г. Какова массовая доля (%) оксида алюминия в каолине? Мол. масса ( $\text{Al}(\text{C}_6\text{H}_6\text{ON})_3$ ) 459,44; мол. масса ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 101,96.
7. Сколько миллилитров 5%-ного раствора  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , взятого с 10%-ным избытком, нужно для осаждения сульфат-иона из 10,00 мл 5,5%-ного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,035 \text{ г/см}^3$ )? Мол. масса ( $\text{BaCl}_2$ ) 208,23; мол. масса ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 98,07; мол. масса ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 18,00.
8. Каково содержание  $\text{CaO}$  (% мас.) в известняке, если при определении кальция из навески 0,3025 г получено 0,2505 г осадка  $\text{CaSO}_4$  (гравиметрическая форма)? Мол. масса ( $\text{CaO}$ ) 56,08; мол. масса ( $\text{CaSO}_4$ ) 136,14.
9. Напишите формулу изучаемого соединения по данным элементного анализа (% мас.): С - 79,93; Н - 6,37; N - 17,70. Мол. масса: (С) - 12,0; (Н) - 1,007; (N) - 14,007.
10. Из навески технического гидроксида натрия массой 3,1496 г, содержащего в качестве основной примеси карбонат натрия, приготовили 1,00 л раствора. На титрование 10,00 мл полученного раствора в присутствии фенолфталеина (рТ 9,0) израсходовали 7,36 мл 0,1000М раствора  $\text{HCl}$ , а на титрование такого же объема раствора в присутствии метилового оранжевого (рТ 4,0) - 7,52 мл раствора  $\text{HCl}$ . Найдите массовые доли (%)  $\text{NaOH}$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в образце Мол. масса: ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 105,99; ( $\text{NaOH}$ ) 40,00.
11. При определении меди в сплаве иодометрическим методом на титрование аликвоты 10,00 мл раствора, полученного растворением навески 0,2000 г в объеме 100,0 мл, израсходовано 8,53 мл 0,0100М раствора тиосульфата натрия. Вычислите содержание (%) меди в сплаве. Мол. масса: (Си) 63,54.
12. На титрование 50,00 мл воды в аммиачном буферном растворе в присутствии индикатора эриохромового черного Т израсходовано 15,00 мл 0,0100М ЭДТА. На титрование такой же аликвоты после добавления избытка  $\text{NaOH}$  в присутствии индикатора кальцеина израсходовано 10,00 мл 0,0100М раствора ЭДТА. Определите: а) молярные концентрации кальция и магния в этой воде; б) общую жесткость воды, выразив в мг/л  $\text{CaCO}_3$ . Мол. масса ( $\text{CaCO}_3$ ) 100,19.
13. При определении железа в пробе сточной воды объемом 200,0 мл его окислили до  $\text{Fe}(\text{III})$ , осадили аммиаком, отделили осадок от раствора и после растворения осадка в соляной кислоте оттитровали железо, израсходовав 5,14 мл 0,0050М раствора ЭДТА. Рассчитайте общую концентрацию железа в воде (мг/л). Мол. масса: (Fe)

- 55,85.
14. При анализе пробы сточной воды объемом 100,0 мл на содержание сульфат-ионов их осадили раствором хлорида бария. Осадок сульфата бария отфильтровали, промыли и растворили в 30,00 мл 0,0250М раствора ЭДТА. Избыток ЭДТА оттитровали, израсходовав 15,00 мл 0,0250М раствора хлорида магния. Рассчитайте концентрацию сульфат-ионов (мг/мл) в образце. Мол. масса ( $\text{SO}_4$ ) 96,07.
  15. Для определения натрия в стекле три его навески по 0,1000 г растворили в смеси  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HF}$ , растворы упарили, остатки обработали разбавленной  $\text{HCl}$  и перенесли в мерные колбы объемом 250,0 мл. Во вторую и третью колбы добавили, соответственно, 10,00 и 20,00 мл стандартного раствора натрия ( $c = 250,0$  мкг/мл). Растворы разбавили водой до метки и фотометрировали в пламени светильный газ - воздух. Соответствующие значения интенсивностей (у. е.) равны 17,0, 26,0 и 35,0. Определите массовую долю (%) натрия в стекле.
  16. Молярный коэффициент поглощения водорастворимого комплекса никеля с диметил-глиоксимом при 470 нм равен  $1,30 \cdot 10^4$ . Рассчитайте: а) оптическую плотность раствора комплекса, в 1 мл которого содержится 1 мкг никеля, при толщине поглощающего слоя  $l = 1,00$  см: б) его пропускание, в) концентрацию никеля в растворе (мкг/мл), если оптическая плотность раствора, содержащего диметилглиоксимат никеля и помещенного в кювету с  $l = 3,00$  см, равна 0,190 при 470 нм. Мол. масса (Ni) 58,69.
  17. При определении железа в виде моносulfосалицилатного комплекса пропускание раствора, содержащего 0,115 мг металла в 25,0 мл раствора, равно 54,5% при толщине поглощающего слоя  $l = 2,00$  см. Рассчитайте молярный коэффициент поглощения комплекса. Мол. масса (Fe) 55,85.
  18. Оптическая плотность раствора, содержащего 1,00 мг кофеина  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2\text{N}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в 100,0 мл 0,005М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , равна 0,510 при 272 нм в кювете с  $l = 1,00$  см. Навеску растворимого кофе массой 2,5000 г растворили в воде и разбавили до 500 мл. Аликвоту полученного раствора 25,0 мл поместили в мерную колбу вместимостью 500 мл, добавили 25,0 мл 0,1М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , осветлили, а затем разбавили раствор до метки. Оптическая плотность этого раствора, измеренная в тех же условиях, оказалась равной 0,415. Рассчитайте массу кофеина в 100,0 растворимого кофе. Мол. масса ( $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2\text{N}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 212,1.

### Критерии оценивания

Оценка	% верных ответов
5	> 80
3-4	50-80
1-2	< 50
0	0

## 2. Задания для промежуточной аттестации

### Контрольные вопросы к зачету

1. Равновесные химические процессы в анализе. Способы смещения равновесия. Кинетические и термодинамические параметры равновесных систем.
2. Константы равновесия. Способы их выражения. Взаимосвязь.
3. Закон действия масс и его применение в аналитической химии. Идеальные и реальные системы. Поправки на неидеальность.

4. Современные представления о природе кислот и оснований. (теории Аррениуса, Бренстеда –Лоури, Льюиса).
5. Факторы, влияющие на силу протолитов. Роль среды.
6. Автопротолиз. Дифференцирующий и нивелирующий эффекты растворителя.
7. Ионное произведение воды. Функции рН и рОН. Расчет концентрации водородных ионов в растворах слабых протолитов ( при наличии и отсутствии одноименных и разноименных ионов).
8. Буферные растворы. Механизм действия. Буферная емкость. Расчет концентрации водородных ионов.
9. Типы окислительно-восстановительных реакций, факторы, определяющие направление их протекания. Расчет констант равновесия. Применение в анализе.
10. Шкалы кислотности. Функции рН и рОН. Расчет концентрации рН и рОН в растворах амфолитов.
11. Буферное действие смеси слабой кислоты и ее соли.Буферная емкость.Расчет рН.
12. Поведение полипротонных кислот в растворах. Способы расчета рН. Способы выражения констант диссоциации.
13. Процессы гидролиза в анализе. Их количественные характеристики.Способы смещения гидролитических равновесий. Применение в анализе.
14. Общая характеристика реакций гидролиза солей, образованных сильными основаниями и слабыми кислотами. Расчет рН, степени и константы гидролиза.Значение в анализе.
15. Общая характеристика реакций гидролиза солей, образованных слабыми основаниями и сильными кислотами. Расчет рН, степени и константы гидролиза.Значение в анализе.
16. Характеристика реакций гидролиза солей, образованных слабыми основаниями и слабыми кислотами. Расчет рН, степени и константы гидролиза. Значение в анализе.
17. Типы равновесий в растворах комплексных соединений. Константы устойчивости (нестойкости), способы их выражения.
18. Конкурирующие реакции при образовании комплексных соединений. Примеры. Способы расчета коэффициентов конкурирующих реакций.
19. Общая характеристика процессов комплексообразования в растворах.Количественные характеристики.Применение в анализе.
20. Окислительно – восстановительные процессы, протекающие на индикаторных электродах в электрохимических методах анализа. типы индикаторных электродов. Стадии электрохимического процесса.
21. Обратимые и необратимые реакции в анализе. Количественные характеристики этих процессов.
22. Буферное действие растворов слабых оснований и их солей. Расчет рН, буферная емкость, механизм действия.
23. Кулонометрическое титрование. Принцип, типы титруемых систем, значение в анализе.
24. Потенциометрическое титрование. Принцип, типы титруемых систем, применение в анализе.
25. Титриметрический анализ. Классификация титриметрических методов, их метрологические характеристики.
26. Классификация и общая характеристика электрохимических методов анализа.
27. Ионметрия как раздел потенциометрического анализа. Типы электродов в ионметрии. Прямая ионметрия и ионметрическое титрование.
28. Кулонометрический метод анализа.
29. Титранты. Способы приготовления титрованных растворов. Стандарты в титриметрии.
30. Типы индикаторов в титриметрии. Примеры.

31. Экспериментальные и расчетные кривые титрования.
32. Комплексонометрическое титрование.
33. Интервал перехода индикаторов метода нейтрализации. Принцип подбора, типы индикаторов, механизм действия.
34. Типы окислительно – восстановительных титрований.
35. Кислотно-основное титрование (определяемые концентрации, способы индикации точки эквивалентности, требования к титрантам).
36. Амперометрическое титрование как метод анализа и исследования.
37. Принцип подбора индикаторов при комплексонометрических титрованиях.
38. Классификация электродов в потенциометрии.
39. Потенциометрия как метод анализа. Общая характеристика, классификация, области применения.
40. Вольт-амперометрический метод анализа.
41. Современные варианты вольт-амперометрического метода анализа.
42. Явление перенапряжения выделения водорода на электродах. Значение в электрохимических методах анализа.
43. Основные типы индикаторных электродов, применяемых в электрохимических методах анализа. Основные и побочные процессы, протекающие на них.
44. Правильность результатов анализа. Способы оценки.
45. F- и t- критерии. Их место и значение при статистической обработке результатов анализа.
46. Прецизионность анализа. Способы оценки.
47. Q-критерий. Способы оценки. Значение при статистической обработке результатов анализа.
48. Оценка правильности результата анализа сравнением с результатом, полученным другим методом.
49. Метод добавок как способ оценки правильности результата анализа.
50. Способы выражения Титра раствора.
51. Оценка правильности результатов анализа по методу стандартных образцов.
52. Основные метрологические характеристики метода анализа.
53. Классификация и краткая характеристика методов химического анализа.
54. Систематические погрешности в анализе.
55. Доверительный интервал. Его значение при статистической обработке результатов измерений.
56. Случайные погрешности в анализе. Способы их оценки.
57. Статистическая обработка результатов измерений (анализа). Цель, способы проведения.
58. Понятия «Правильность» и «Прецизионность» при оценке результатов анализа.
59. Абсолютные и относительные погрешности анализа.
60. Эквивалент. Фактор эквивалентности, число эквивалентности.
61. Способы выражения концентрации растворов.
62. Единицы СИ в анализе.
63. Аналитическая химия и химический анализ.

### **Критерии оценивания**

Во время зачета студент должен дать развернутый ответ на вопросы, изложенные в билете. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы по всему изучаемому курсу.

Во время ответа студент должен продемонстрировать знания теоретических основ и инструментария методов аналитической химии, методологии химического анализа, способов пробоотбора и анализа конкретных объектов анализа.