

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Практикум по аналитической химии

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

04.03.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы

Химия и материаловедение

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.03.04 Практикум по аналитической химии относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-2: Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.1: Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности ОПК-2.2: Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности ОПК-2.3: Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования	ОПК-2.1: Знать физико-химические свойства и технику безопасности химических веществ, применяемых в анализе. Уметь работать с химическими веществами, используемыми в химическом анализе, соблюдая технику безопасности. Владеть навыками работы с аппаратурой и оборудованием, используемом в химическом анализе, соблюдая технику безопасности.  ОПК-2.2: Знать алгоритм проведения стандартных операций для определения химического состава анализируемой пробы. Уметь осуществлять стандартные операции при проведении химического анализа. Владеть навыками проведения стандартных операций, используемых при определении химического состава анализируемой пробы.  ОПК-2.3: Знать алгоритм работы на основных широко	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

		используемых современных аналитических приборах. Уметь осуществлять базовые операции на современном аналитическом оборудовании при проведении исследования. Владеть навыками работы на современном оборудовании для решения технологических, экологических и научно-исследовательских задач.		
ОПК-6: Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке ОПК-6.2: Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	ОПК-6.1: Знать правила представления результатов химического анализа в стандартной форме. Уметь излагать и представлять результаты химического анализа в виде отчета по стандартной форме на русском языке. Владеть способами представления результатов химического анализа в стандартной форме.  ОПК-6.2: Знать правила оформления результатов химического эксперимента с учетом требований библиографической культуры. Уметь использовать знания теории и практики современных методов анализа для получения библиографических сведений по заданной проблематике. Владеть способами изложения результатов химического анализа с учетом требований библиографической культуры	Отчет по лабораторным работам	Зачёт: Контрольные вопросы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>

<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>128</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>14</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Ионные равновесия	18		16	16	2
Гетерогенные равновесия	14		12	12	2
Количественный анализ	14		12	12	2
Методология химического анализа	10		8	8	2
Спектральные методы анализа	26		24	24	2
Электрохимические методы анализа	34		32	32	2
Хроматографические методы анализа	26		24	24	2
Аттестация	0				
КСР	2				2
Итого	144	0	128	130	14

### Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. 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. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая Хюккеля. Коэффициенты активности. Концентрационные константы. Общая и равновесная концентрации. Условные константы. Графическое описание равновесий.

Кисотно-основные реакции. Современные представления о кислотах и основаниях (теория Льюиса). Теория Бренстеда-Лоури. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания; нивелирующий и дифференцирующий эффект растворителя. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисления рН растворов кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований, смеси кислот и оснований.

Реакции комплексообразования. Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Классификация комплексных соединений (внутрисферные комплексы и ионные ассоциаты). Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть. 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. 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.

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

Раздел 2. Процессы осаждения и соосаждения. Равновесие в системе раствор - осадок. Осадки и их свойства. Факторы, влияющие на растворимость осадков: температура, ионная сила, действие одноименного иона, реакции протонизации, комплексообразования, окисления-восстановления, структура и размер частиц. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Гомогенное осаждение. Старение осадка. Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция, окклюзия, изоморфизм). Положительное и отрицательное значение явления соосаждения в анализе.

Раздел 3. Количественный анализ. Гравиметрический метод анализа. Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадители. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Примеры практического применения гравиметрического метода анализа. Титриметрические методы анализа. Методы титриметрического анализа. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое, 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, ионной силы на величину скачка на кривой титрования. Кислотно-основное титрование в неводных средах. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, смесей кислот и оснований. Примеры практического применения.

Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на величину скачка на кривой титрования: концентрация ионов водорода, образование комплексов и малорастворимых соединений, ионная сила, температура. Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия, йодометрия и йодиметрия, бихроматометрия). Первичные и

вторичные стандарты. Индикаторы.

Осадительное титрование. Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы.

Погрешности титрования. Примеры практического применения.

Комплексометрическое титрование. Неорганические и органические титранты в комплексометрии.

Использование аминополикарбонновых кислот (комплексонов) в комплексометрии. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Способы комплексометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

Методы выделения, разделения и концентрирования. Основные методы разделения и концентрирования, их роль в химическом анализе. 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. Коэффициент разделения. Коэффициент концентрирования.

Раздел 4. Метрологические основы химического анализа. Основные стадии химического анализа.

Основные метрологические понятия и представления: измерение, методы и средства измерений, погрешности. Аналитический сигнал и помехи. Способы определения содержания по данным аналитических измерений.

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

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,  $t$ - и  $F$ -распределения. Среднее, дисперсия, стандартное отклонение. Проверка гипотезы нормальности, гипотезы однородности результатов измерений. Сравнение дисперсии и средних двух методов анализа. Регрессионный анализ. Требования к метрологическим характеристикам методов и методик в зависимости от объекта и цели анализа. Способы повышения воспроизводимости и правильности анализа.

Раздел 5. Методы спектрального анализа.

Спектроскопические методы. Спектр электромагнитного излучения (энергия, способы ее выражения; термины, символы и единицы энергии излучения; диапазоны излучения, типы энергетических переходов). Основные типы взаимодействия вещества с излучением: эмиссия (тепловая, люминесценция), поглощение, рассеяние. Классификация спектроскопических методов по энергии.

Классификация спектроскопических методов на основе спектра электромагнитного излучения (атомная, молекулярная, абсорбционная, эмиссионная спектроскопия).

Спектры атомов. Основные и возбужденные состояния атомов, характеристики состояний.

Энергетические переходы. Правила отбора. Законы испускания и поглощения. Вероятности электронных переходов и времена жизни возбужденных состояний. Характеристики спектральных линий: положение в спектре, интенсивность, полуширина. Спектры молекул; их особенности. Схемы электронных уровней молекулы. Представление о полной энергии молекул как суммы электронной, колебательной и вращательной. Зависимость вида спектра от агрегатного состояния вещества.

Основные законы поглощения электромагнитного излучения (Бугера-Ламберта-Бера) и излучения (Ломакина-Шейбе). Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого соединения.

Аппаратура. Способы монохроматизации лучистой энергии.

Методы атомной спектроскопии

Атомно-эмиссионный метод. Источники атомизации и возбуждения: электрические разряды (дуговые, искровые, пониженного давления), пламена, индуктивно-связанная плазма, лазеры. Основные характеристики источников атомизации: температура плазмы, состав пламени, концентрация

электронов. Физические и химические процессы в источниках атомизации и возбуждения. Спектрографический и спектрометрический методы анализа, их особенности, области применения. Качественный и количественный анализ. Основная аппаратура: спектрографы, квантометры. Метод эмиссионной спектрометрии пламени. Подготовка пробы к анализу, особенности введения пробы в пламя. Горелки и распылители. Пламенные фотометры и спектрофотометры. Атомно-абсорбционный метод. Атомизаторы (пламенные и непламенные). Источники излучения (лампы с полым катодом, источники сплошного спектра, лазеры), их характеристики. Возможности, преимущества и недостатки метода, его сравнение с атомно-эмиссионными методами (точность, избирательность, чувствительность, экспрессность). Примеры практического применения атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов.

Атомно-флуоресцентный. Принцип метода; особенности и применение.

Рентгенофлуоресцентный метод. Принцип метода; особенности и применение.

Методы молекулярной (УФ, видимой и ИК) спектроскопии

Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия). Функциональный анализ по колебательным и электронным спектрам. Основной закон светопоглощения. Отклонения от закона, их причины (химические; температура, эффекты, обусловленные растворителем; рассеяние света; монохроматизация излучения). Понятие об истинном и кажущемся молярном коэффициенте поглощения. Инструментальные погрешности; оптимальный интервал измеряемых значений оптической плотности. Способы определения концентрации веществ. Измерение высоких, низких оптических плотностей (дифференциальный метод). Анализ многокомпонентных систем. Примеры практического применения метода.

Молекулярная люминесцентная спектроскопия. Общая классификация молекулярной люминесценции. Схема Яблонского. Флуоресценция и фосфоресценция. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии Левшина. Энергетический и квантовый выход. Закон Вавилова. Тушение люминесценции. Люминесцентный качественный и количественный анализ. Приборы в люминесценции. Примеры практического применения метода.

Раздел 6. Электрохимический метод анализа и его разновидности

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. Уравнение Нернста. Индикаторные электроды. Явления на электродах и в приэлектродном пространстве. Ионометрия. Классификация ионселективных электродов: электроды с гомогенными и гетерогенными кристаллическими мембранами, стеклянные электроды, электроды с подвижными носителями, ферментные и газочувствительные электроды. Уравнение Никольского. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Примеры практического применения ионометрии.

Потенциометрическое титрование. Изменение электродного потенциала в процессе титрования.

Способы обнаружения конечной точки титрования. Примеры практического применения.

Кулонометрия

Теоретические основы метода. Способы определения количества электричества. Прямая кулонометрия и косвенная (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

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.

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. Определение концентрации веществ методом градуировочного графика и методом добавок с использованием классической, осциллографической, переменного тока вольт-амперометрии.

Кондуктометрия

Электропроводность растворов и принципы кондуктометрии и кондуктометрического титрования. Сравнительная характеристика чувствительности и избирательности, областей применения электрохимических методов.

Раздел 7. Хроматографический метод анализа и его разновидности

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. Газоадсорбционная (газотвердофазная) и газо-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). Нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Полярные и неполярные неподвижные фазы и принципы их выбора. Модифицированные силикагели как сорбенты. Схема жидкостного хроматографа. Насосы, колонки. Основные типы детекторов, их чувствительность и селективность.

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.

Одноклоночная и двухклоночная 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. Тонкослойная хроматография. Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы.

Бумажная хроматография. Механизмы разделения. Подвижные фазы. Области применения.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.



Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Отбор и подготовка к анализу" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=1221>).

- открытый онлайн-курс МООС "Газовая хроматография и хромато-масс-спектрометрия" (<https://mooc.unn.ru/course/view.php?id=67>).

Иные учебно-методические материалы: Раздел 1. 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. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая Хюккеля. Коэффициенты активности. Концентрационные константы. Общая и равновесная концентрации. Условные константы. Графическое описание равновесий. Кислотно-основные реакции. Современные представления о кислотах и основаниях (теория Льюиса). Теория Бренстеда-Лоури. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания; нивелирующий и дифференцирующий эффект растворителя. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисления pH растворов кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований, смеси кислот и оснований. Реакции комплексообразования. Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Классификация комплексных соединений (внутрисферные комплексы и ионные ассоциаты). Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть. 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, pH, ионная сила раствора, температура. 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. 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. Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе. Методы предварительного окисления и восстановления определяемого компонента. Раздел 2. Процессы осаждения и соосаждения. Равновесие в системе раствор - осадок. Осадки и их свойства. Факторы, влияющие на растворимость осадков: температура, ионная сила, действие одноименного иона, реакции протонизации, комплексообразования, окисления-восстановления, структура и размер частиц. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Гомогенное осаждение. Старение осадка. Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция, окклюзия, изоморфизм). Положительное и отрицательное значение явления соосаждения в анализе.

Раздел 3. Количественный анализ. Гравиметрический метод анализа. Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадители. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Примеры практического применения гравиметрического метода анализа.

Титриметрические методы анализа. Методы титриметрического анализа. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое, 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, ионной силы на величину скачка на кривой титрования. Кислотно-основное титрование в неводных средах. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, смесей кислот и оснований. Примеры практического применения. Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на величину скачка на кривой титрования: концентрация ионов водорода, образование комплексов и малорастворимых соединений, ионная сила, температура. Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия, йодометрия и йодиметрия, бихроматометрия). Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы.

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

Комплексометрическое титрование. Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминополикарбоновых кислот (комплексонов) в комплексометрии. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Способы комплексометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

Методы выделения, разделения и концентрирования. Основные методы разделения и концентрирования, их роль в химическом анализе. 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. Коэффициент разделения. Коэффициент концентрирования.

Раздел 4. Метрологические основы химического анализа. Основные стадии химического анализа. Основные метрологические понятия и представления: измерение, методы и средства измерений, погрешности. Аналитический сигнал и помехи. Способы определения содержания по данным аналитических измерений.

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

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, t- и F-распределения. Среднее, дисперсия, стандартное отклонение. Проверка гипотезы нормальности, гипотезы однородности результатов измерений. Сравнение дисперсии и средних двух методов анализа. Регрессионный анализ. Требования к метрологическим характеристикам методов и методик в зависимости от объекта и цели анализа. Способы повышения воспроизводимости и правильности анализа.

## Раздел 5. Методы спектрального анализа.

Спектроскопические методы. Спектр электромагнитного излучения (энергия, способы ее выражения; термины, символы и единицы энергии излучения; диапазоны излучения, типы энергетических переходов). Основные типы взаимодействия вещества с излучением: эмиссия (тепловая, люминесценция), поглощение, рассеяние. Классификация спектроскопических методов по энергии. Классификация спектроскопических методов на основе спектра электромагнитного излучения (атомная, молекулярная, абсорбционная, эмиссионная спектроскопия).

Спектры атомов. Основные и возбужденные состояния атомов, характеристики состояний. Энергетические переходы. Правила отбора. Законы испускания и поглощения. Вероятности электронных переходов и времена жизни возбужденных состояний. Характеристики спектральных линий: положение в спектре, интенсивность, полуширина. Спектры молекул; их особенности. Схемы электронных уровней молекулы. Представление о полной энергии молекул как суммы электронной, колебательной и вращательной. Зависимость вида спектра от агрегатного состояния вещества. Основные законы поглощения электромагнитного излучения (Бугера-Ламберта-Бера) и излучения (Ломакина-Шейбе). Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого соединения. Аппаратура. Способы монохроматизации лучистой энергии.

### Методы атомной спектроскопии

Атомно-эмиссионный метод. Источники атомизации и возбуждения: электрические разряды (дуговые, искровые, пониженного давления), пламена, индуктивно-связанная плазма, лазеры. Основные характеристики источников атомизации: температура плазмы, состав пламени, концентрация электронов. Физические и химические процессы в источниках атомизации и возбуждения. Спектрографический и спектрометрический методы анализа, их особенности, области применения. Качественный и количественный анализ. Основная аппаратура: спектрографы, квантометры. Метод эмиссионной спектрометрии пламени. Подготовка пробы к анализу, особенности введения пробы в пламена. Горелки и распылители. Пламенные фотометры и спектрофотометры.

Атомно-абсорбционный метод. Атомизаторы (пламенные и непламенные). Источники излучения (лампы с полым катодом, источники сплошного спектра, лазеры), их характеристики. Возможности, преимущества и недостатки метода, его сравнение с атомно-эмиссионными методами (точность, избирательность, чувствительность, экспрессность). Примеры практического применения атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов.

Атомно-флуоресцентный. Принцип метода; особенности и применение.

Рентгенофлуоресцентный метод. Принцип метода; особенности и применение.

### Методы молекулярной (УФ, видимой и ИК) спектроскопии

Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия). Функциональный анализ по колебательным и электронным спектрам. Основной закон светопоглощения. Отклонения от

закона, их причины (химические; температура, эффекты, обусловленные растворителем; рассеяние света; монохроматизация излучения). Понятие об истинном и кажущемся молярном коэффициенте поглощения. Инструментальные погрешности; оптимальный интервал измеряемых значений оптической плотности. Способы определения концентрации веществ. Измерение высоких, низких оптических плотностей (дифференциальный метод). Анализ многокомпонентных систем. Примеры практического применения метода.

Молекулярная люминесцентная спектроскопия. Общая классификация молекулярной люминесценции. Схема Яблонского. Флуоресценция и фосфоресценция. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии Левшина. Энергетический и квантовый выход. Закон Вавилова. Тушение люминесценции. Люминесцентный качественный и количественный анализ. Приборы в люминесценции. Примеры практического применения метода.

## Раздел 6. Электрохимический метод анализа и его разновидности

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. Уравнение Нернста. Индикаторные электроды. Явления на электродах и в приэлектродном пространстве. Ионометрия. Классификация ионселективных электродов: электроды с гомогенными и гетерогенными кристаллическими мембранами, стеклянные электроды, электроды с подвижными носителями, ферментные и газочувствительные электроды. Уравнение Никольского. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Примеры практического применения ионометрии.

Потенциометрическое титрование. Изменение электродного потенциала в процессе титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования. Примеры практического применения.

### Кулонометрия

Теоретические основы метода. Способы определения количества электричества. Прямая кулонометрия и косвенная (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

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. 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. Определение концентрации веществ методом градуировочного графика и методом добавок с использованием

классической, осциллографической, переменного тока вольт-амперометрии.

Кондуктометрия

Электропроводность растворов и принципы кондуктометрии и кондуктометрического титрования.

Сравнительная характеристика чувствительности и избирательности, областей применения электрохимических методов.

Раздел 7. Хроматографический метод анализа и его разновидности

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. Газоадсорбционная (газотвердофазная) и газо-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). Нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Полярные и неполярные неподвижные фазы и принципы их выбора. Модифицированные силикагели как сорбенты. Схема жидкостного хроматографа. Насосы, колонки. Основные типы детекторов, их чувствительность и селективность.

Ионообменная хроматография. Строение и физико-химические свойства ионообменников. Ионнообменное 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. Тонкослойная хроматография. Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы. Бумажная хроматография. Механизмы разделения. Подвижные фазы. Области применения.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:**

1. Проведите эксперимент и установите присутствие нитрат-ионов в растворе. Какие анионы могут мешать обнаружению нитратов по реакции “бурого кольца”? Ответ объясните.
2. Осадок, полученный при действии на исследуемую задачу смесью растворов соляной и серной кислот, без остатка растворился в растворе аммиака. Сделайте вывод о составе задачи.
3. Можно ли использовать раствор бихромата калия для осаждения стронция? Приведите формулу осадка.
4. Как проверить, какой из ионов:  $\text{Sn}^{2+}$  или  $\text{Sn}^{4+}$  присутствует в растворе? Как перевести  $\text{Sn}^{4+}$  в  $\text{Sn}^{2+}$ ?
5. Как устранить мешающее влияние аммония при обнаружении калия?
6. Методы титриметрического анализа. Требования к реакциям в титриметрическом анализе.
7. Смешивают 0.2 л 0.5 моль экв/л и 0.6 л 0.1 моль экв/л раствора одного и того же вещества. Какова эквивалентная концентрация полученного раствора?
8. Какой объём раствора оксалата натрия с эквивалентной концентрацией 0.65 моль/л необходимо прилить к раствору той же соли с эквивалентной концентрацией 0.25, чтобы получить 2 л раствора с эквивалентной концентрацией 0.400 моль/л?
9.  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  как аналитические реагенты.
10. Гравиметрический анализ. Осаждение из гомогенных растворов. Форма осаждения и весовая форма, требования к ним.
11. Методы перманганатометрии и йодометрии.
12. Комплексные соединения в аналитической химии. Концентрация ионов в растворе комплексных солей. Константа нестойкости. Комплексообразование при растворении осадков.
13. Методы титриметрического анализа. Требования к реакциям в титриметрии. Фактор эквивалентности, эквивалентная концентрация, её вычисление.
14. Щелочь и гидроксид аммония как аналитические реагенты.
15. Кислотно-основное титрование. Критерии возможности титрования. Выбор индикаторов по кривой титрования.
16. Химическое равновесие. Константа диссоциации. Ступенчатая диссоциация. Расчет состояния вещества, участвующего в ступенчатой диссоциации.
17. В 3.5 л воды растворён 1 г 96.6% раствора серной кислоты с плотностью 1.84 г/см<sup>3</sup>. Вычислите pH раствора.
18. Гидроксид аммония и серная кислота как аналитические реагенты.
19. Комплексные соединения в аналитической химии. Типы комплексов. Экстракция комплексных соединений.
20. Понятие об индикаторах метода нейтрализации. Классификация. Теория индикаторов. Интервал перехода и pT индикаторов.
21. Вода как электролит. Константы автопротолиза растворителей.
22. Вычисление pH в буферных растворах.
23. Буферные растворы, значение их в анализе. Вычисление pH буферных растворов.
24. Комплексонометрическое титрование. Влияние условий и выбор индикатора.
25. Кислотно-основное равновесие в многокомпонентных системах.
26. Вычислить ошибку титрования 20 мл 0.1 моль/л раствора соляной кислоты раствором едкого натрия в присутствии метиленового красного (pT = 5; V<sub>конечн.</sub> = 40 мл).

27. Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты. Сильные и слабые электролиты.
28. Соляная и серная кислота как аналитические реагенты.
29. Гравиметрический анализ. Осаждение из гомогенного раствора. Форма осаждения и весовая форма, требования к ним.
30. Перманганат и бихромат как окислители и аналитические реагенты.
31. Влияние одноименных и разноименных ионов на растворимость малорастворимых электролитов.
32. Гидролиз, константа и степень гидролиза. Расчет pH в растворах гидролизующихся солей.
33. Соляная и серная кислоты как аналитические реагенты.
34. Влияние кислотности среды на растворимость малорастворимых соединений.
35. Расчет кривых окислительно-восстановительного титрования. Потенциал в точке эквивалентности.
36. Метод светорассеяния. Принципиальные основы метода. Ультрамикроскопия.
37. Ионообменная хроматография. Принципы, лежащие в основе разделения и концентрирования компонентов анализируемых смесей. Факторы, влияющие на время удерживания вещества.
38. Потенциометрическое титрование. Кислотно-основное титрование. Окислительно-восстановительное титрование.
39. Планарная хроматография и ее разновидности. Метод получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования.
40. Законы светопоглощения. Отклонения от закона Бугера - Ламберта - Бера.
41. Закон аддитивности в фотометрии. Влияние аддитивности аналитических сигналов в качественном и количественном анализе.
42. Влияние немонохроматичности света на точность и селективность фотометрических определений.
43. Для контроля содержания следов g-гексахлорциклогексана в пищевых продуктах используют хроматографические методы. ВЭТТ газо-хроматографической колонки составляет 0,5 мм, длина колонки 1м, время удерживания данного соединения 210 с. Оценить полуширину хроматографического пика этого соединения на хроматограмме.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, при ответах выделялось главное, развернутый ответ без принципиальных ошибок; логически выстроенное содержание ответа; мысли излагались в логической последовательности; показано умение самостоятельно анализировать факты, события, явления, процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии; полное знание терминологии по данной теме; четкое выделение причинно-следственных связей между основными категориями; умение ответить на вопрос без использования индивидуального письменного конспекта; использование презентационных материалов
не зачтено	Неполный ответ на вопрос; неполное знание терминологии; наличие некоторых существенных ошибок в изложении основных фактов, теорий; неумение провести логические параллели, выводы; неумение выделить причины и следствия важнейших

Оценка	Критерии оценивания
	категорий; неспособность ответить без помощи письменного конспекта; знание основной литературы, рекомендованной к занятию.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

При написании отчета необходимо отобразить следующие пункты:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Теоретическая часть (отобразить теоретические основы, относящиеся к методу и методике анализа);
4. Экспериментальная часть (привести перечень реактивов и оборудования, подробно изложить последовательность проведения эксперимента, указать правила техники безопасности, которые необходимо соблюдать при выполнении работы);
5. Результаты (привести протокол эксперимента, подписанный инженером, ответственным за практикум в данной группе, изложить результаты эксперимента и их статистическую обработку);
6. Выводы (указать, что сделано и привести численные значения с погрешностью);
7. Список используемой литературы.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены следующие критерии представления отчета: 1. Степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям; 2. Структурирование и комментирование лабораторной работы; 3. Уникальность выполнения работы (отличие от работ коллег); 4. Успешные ответы на контрольные вопросы.
не зачтено	Не выполнение хотя бы одного из критериев отчета: 1. Степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям; 2. Структурирование и комментирование лабораторной работы; 3. Уникальность выполнения работы (отличие от работ коллег); 4. Успешные ответы на контрольные вопросы.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				



достижения							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»

	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты. Сильные и слабые электролиты. Химическое равновесие. Константа диссоциации, ступенчатая диссоциация. Расчет состояния вещества, участвующего в ступенчатой диссоциации. Щелочь и гидроксид аммония как аналитические реагенты. Соляная и серная кислоты как аналитические реагенты. Перманганат и дихромат калия как аналитические реагенты. Окисление–восстановление. Составление уравнений окислительно–восстановительных реакций. Зависимость направления и глубины протекания реакций окисления–восстановления от рН среды. Влияние комплексообразующих веществ на окислительно–восстановительные равновесия. Константы равновесия окислительно–восстановительных реакций. Комплексные соединения в аналитической химии. Концентрация ионов в растворах комплексных солей. Константа устойчивости. Растворение осадков в присутствии комплексообразующих веществ (лигандов). Роль и значение комплексных соединений в аналитической химии. Типы комплексов. Вода как электролит. Константы автопротолиза растворителей. Водородный показатель. рН растворов солей, кислот, оснований. Вычисление рН буферных растворов. Гидролиз. Константа и степень гидролиза. Расчет рН растворов гидролизующихся солей. Расчет рН растворов сильных и слабых одноосновных кислот. Кислотно-основные равновесия в многокомпонентных системах.

Растворимость, произведение растворимости, их вычисление. Условия выпадения осадков. Влияние одноименных и разноименных ионов на растворимость малорастворимых электролитов. Растворимость осадков в избытке осадителя. Растворимость и условия осаждения малорастворимых гидроксидов. Влияние комплексообразования на растворимость малорастворимых соединений. Влияние кислотности среды на растворимость малорастворимых соединений. Растворимость амфотерных соединений.

Гравиметрический анализ. Осаждение из гомогенного раствора. Форма осаждения и весовая форма, требования к ним. Методы титриметрического анализа, требования к реакциям в титриметрическом анализе.

Исходные вещества. Кислотно–основное титрование. Расчет кривых титрования сильных и слабых кислот и оснований. Критерии возможности титрования. Выбор индикатора по кривой титрования. Погрешности титрования при определении кислот и оснований. Индикаторы,

применяемые в методе нейтрализации. Их классификация. Теория индикаторов. Расчет кривых окислительно–восстановительного титрования. Потенциал, отвечающей точке эквивалентности. Кривые окислительно–восстановительного титрования. Понятие об индикаторах. Относительная точность титрования. Комплексонометрическое титрование. Влияние условий титрования и выбор индикаторов.

Происхождение спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Законы светопоглощения. Отклонения от закона Бугера–Ламберта–Бера. Прямое фотометрическое определение веществ в растворах. Фотометрическое титрование. Закон аддитивности в фотометрии. Его практическое использование. Влияние немонохроматичности света на точность и селективность фотометрического определения. Люминесцентный метод анализа. Основы метода. Закон Вавилова. Закон Стокса–Ломмеля. Правило Левшина. Атомно-абсорбционный метод анализа. Принцип метода. Способы атомизации. Неселективное поглощение. Атомно-абсорбционный метод анализа. Источники света. Количественный анализ. Атомно-эмиссионный анализ. Теоретические основы метода. Источники возбуждения спектров. Явление самопоглощения. Причины уширения спектральных линий. Атомно-эмиссионный спектральный метод анализа. Связь спектральных характеристик элемента с его положением в Периодической системе. Количественное определение элементов. Вращательная спектроскопия молекул. Происхождение спектров вращения. Количественный анализ. ИК - спектроскопия. Источники излучения. Происхождение колебательных спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Количественный анализ.

Индикаторные потенциометрические электроды. Классификация и селективность электродов. Мембранные электроды. Принцип действия, устройство. Стекланные электроды. Устройство, особенности работы. Вспомогательные потенциометрические электроды. Принцип действия, устройство. Ионметрическое определение концентраций ионов в растворах. Способы определения конечных точек по кривым потенциометрического титрования. Теоретические основы кондуктометрического метода анализа. Типы кривых кондуктометрического титрования. Полярография. Принцип метода. Вольтамперная кривая и ее характеристики. Качественный и количественный анализ.

Классификация и принципиальные основы хроматографических методов анализа. Принципы, лежащие в основе газохроматографического разделения компонентов. Теория теоретических тарелок. Разрешение пиков. Газоадсорбционная хроматография. Основы метода. Газожидкостная хроматография. Основы метода. Неподвижные жидкие фазы, сорбенты, твердые носители. Влияние природы неподвижной фазы и сорбента на результаты хроматографического разделения. Причины размывания хроматографических полос. Уравнение Ван-Деемтера. Капиллярные и насадочные колонки. Хромато-масс - спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Возможности метода. Жидкостная хроматография. Ее разновидности. Принципы, лежащие в основе разделения смесей. Планарная хроматография и ее разновидности. Метод получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования. Ионообменная хроматография. Принципы, лежащие в основе разделения и концентрирования компонентов анализируемых смесей. Факторы, влияющие на время удерживания вещества. Ионная хроматография. Детектирование в ионной хроматографии. Возможности одно- и двухколоночных вариантов метода. Планарная хроматография и ее разновидности. Тонкослойная хроматография. Методы получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования. Бумажная хроматография. Основы метода.

Качественный хроматографический анализ. Количественный хроматографический анализ. Метод светорассеяния. Принципиальные основы метода. Ультрамикроскопия. Нефелометрия и турбидиметрия.

Масс-спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Масс-спектр. Разрешение метода. Предельные возможности метода. Методы ионизации: электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация. Ионный ток и сечение ионизации. Потенциалы появления ионов. Типы ионов в масс-спектрометрах: молекулярные, осколочные, метастабильные, перегруппировочные, многозарядные и отрицательные. Принципиальная схема масс-спектрометра Демпстера. Времяпролетный масс-спектрометр. Квадрупольный масс-спектрометр. Спектрометр ион-циклотронного резонанса. Применение масс-спектрометрии для идентификации веществ.

Хромато-масс-спектрометрия. Общие представления о резонансных (ЭПР-, ЯМР-, Мессбауэровская спектроскопия) и ядерно-физических методах.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

Представление результатов химического анализа. Суть классических и инструментальных методов анализа их возможности: интервал определяемых концентраций, предел обнаружения, селективность, величина пробы, необходимая для анализа.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, при ответах выделялось главное, развернутый ответ без принципиальных ошибок; логически выстроенное содержание ответа; мысли излагались в логической последовательности; показано умение самостоятельно анализировать факты, события, явления, процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии; полное знание терминологии по данной теме; четкое выделение причинно-следственных связей между основными категориями; умение ответить на вопрос без использования индивидуального письменного конспекта; использование презентационных материалов
не зачтено	Неполный ответ на вопрос; неполное знание терминологии; наличие некоторых существенных ошибок в изложении основных фактов, теорий; неумение провести логические параллели, выводы; неумение выделить причины и следствия важнейших категорий; неспособность ответить без помощи письменного конспекта; знание основной литературы, рекомендованной к занятию.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Никитина Н. Г. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа : учебник и

- практикум / Н. Г. Никитина, А. Г. Борисов, Т. И. Хаханина ; под редакцией Н. Г. Никитиной. - 4-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 394 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00427-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=845337&idb=0>.
2. Борисов А. Н. Аналитическая химия для педагогов. Расчеты в количественном анализе : учебник и практикум / А. Н. Борисов, И. Ю. Тихомирова. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 153 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/489770> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-09281-3 : 559.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=817369&idb=0>.
3. Жебентяев Александр Ильич. Аналитическая химия. Химические методы анализа : Учебное пособие. - 2-е изд. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2020. - 542 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-004685-3. - ISBN 978-5-16-108551-6. - ISBN 978-985-475-623-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=632400&idb=0>.
4. Основы аналитической химии : практическое руководство / Барбалат Ю.А.; Гармаш А.В.; Моногарова О.В.; Осипова Е.А.; Осколок К.В.; Пасекова Н.А.; Прохорова Г.В.; Сорокина Н.М.; Фадеева В.И.; Шаповалова Е.Н.; Шведене Н.В.; Шеховцова Т.Н.; Шпигун О.А. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 465 с. - ISBN 978-5-00101-567-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735270&idb=0>.
5. Скуг Д. А. Основы аналитической химии : пер. с англ. Е. Н. Дороховой, Г. В. Прохоровой. [Т.] 1 / под ред. Ю. А. Золотова. - М. : Мир, 1979. - 480 с. : ил. - 2.50., 57 экз.
6. Скуг Д. А. Основы аналитической химии : пер. с англ. Е. Н. Дороховой, Г. В. Прохоровой. Т. 2 / под ред. Ю. А. Золотова. - М. : Мир, 1979. - 438 с. : ил. - 2.40., 69 экз.
7. Васильев В. П. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Дрофа, 2002. - 384 с. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-4726-2 (кн. 2) : 83.50., 2 экз.
8. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : [учеб. для химико-технол. специальностей вузов] : в 2 ч. [Ч.] 1 : Гравиметрический и титриметрический методы анализа. - М. : Высшая школа, 1989. - 319, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-001519-X. - ISBN 5-06-000066-4 : 1.00., 57 экз.
9. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : [учеб. для химико-технол. специальностей вузов] : в 2 ч. [Ч.] 2 : Физико-химические методы анализа. - М. : Высшая школа, 1989. - 383, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-001519-X : 1.10., 39 экз.
10. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : [в 2 кн.]. - 6-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2007-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 1 : Титриметрические и гравиметрический методы анализа. - 2007. - 6-е изд., стер. - 366, [2] с. : ил. - Предм. указ.: с. 351 - 360. - ISBN 978-5-358-03521-8 (кн. 1) : 128.00., 3 экз.
11. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : [в 2 кн.]. - 6-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2007-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. - 2007. - 383, [1] с. : ил. - Предм. указ.: с. 371 - 375. - ISBN 978-5-358-03522-5 (кн. 2) : 128.00., 4 экз.
12. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : [в 2 кн.]. Кн. 1 : Титриметрические и гравиметрический методы анализа. - 7-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2009. - 366, [2] с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-358-06604-5 (кн. 1) : 260.00., 1 экз.
13. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов,

- обучающихся по хим.-технол. специальностям : в 2 кн. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2004-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 1 : Титриметрические и гравиметрический методы анализа. - М. , 2005. - 366, [2] с. - ISBN 5-7107-9657-3 (кн. 1) : 125.00., 22 экз.
14. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : в 2 кн. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2004-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. - М. , 2004. - 384 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-8746-9 (кн. 2). - ISBN 5-7107-8744-2 : 91.20., 5 экз.
15. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : в 2 кн. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2004-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. - М., 2005. - 5-е изд., стер. - 383, [1] с. : ил. - ISBN 5-7107-9469-4 (кн. 2) : 115.00., 19 экз.
16. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по химико-технол. специальностям : в 2 кн. Кн. 1 : Титриметрические и гравиметрический методы анализа. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2004. - 368 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-8745-0 (кн. 1). - ISBN 5-7107-8744-2 : 91.20., 1 экз.
17. Основы аналитической химии : [учеб. для вузов] : в 2 кн. [Кн.] 1 : Общие вопросы. Методы разделения / [Большакова, Т. А., Брыкина, Г. Д., Долманова, И. Ф. и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. - М. : Высшая школа, 1996. - 382 с. : ил. - 19000.00., 1 экз.
18. Основы аналитической химии : [учеб. для вузов] : в 2 кн. [Кн.] 2 : Методы химического анализа / под ред. Золотова Ю. А. - М. : Высшая школа, 1996. - 460 с. : ил. - 19000., 1 экз.
19. Основы аналитической химии : [учеб. для вузов] : в 2 кн. Кн. 2 : Методы химического анализа / под ред. Ю. А. Золотова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2002. - 494 с. : ил. - ISBN 5-06-003559-X (кн. 2). - ISBN 5-06-003560-3 : 130.00., 47 экз.
20. Основы аналитической химии. Кн. 1 : Общие вопросы. Методы разделения. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. , 2002. - 351 с. : ил. - ISBN 5-06-003558-1 (кн. 1). - ISBN 5-06-003560-3 : 76.45. Основы аналитической химии. Кн. 1 : Общие вопросы. Методы разделения. - М. , 2002. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - 351 с. : ил. - ISBN 5-06-003558-1 (кн. 1). - ISBN 5-06-003560-3 : 76.45., 50 экз.
21. Отто М. Современные методы аналитической химии / пер. с нем. под ред. А. В. Гармаша. - 2-е испр. изд. - М. : Техносфера, 2006. - 416 с. - (Мир химии). - ISBN 5-94836-072-5 : 275.00., 6 экз.
22. Отто М. Современные методы аналитической химии : в 2 т. Т. 1 / пер. с нем. под ред. А. В. Гармаша. - М. : Техносфера, 2003. - 416 с. : ил. - (Мир химии). - ISBN 5-94836-014-8. - ISBN 3-527-29840-1 : 270.00., 6 экз.

#### Дополнительная литература:

1. Жебентяев Александр Ильич. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа : Учебное пособие. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2017. - 206 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-006615-8. - ISBN 978-5-16-104380-6. - ISBN 978-985-475-553-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=629270&idb=0>.
2. Подкорытов Анатолий Леонидович. Аналитическая химия. Окислительно-восстановительное титрование : Учебное пособие Для СПО / Подкорытов А. Л., Неудачина Л. К., Штин С. А. - Москва : Юрайт, 2021. - 60 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-00111-2. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=767052&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2001. 267 с. [Электронный ресурс]:  
<http://www.chem.msu.ru/rus/books/2001-2010/dorohova/all.pdf>
2. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа. Методическое пособие для специального курса. МГУ, 2007. [Электронный ресурс]:  
<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/chrom/part1.pdf>
3. Гармаш А.В., Сорокина М.Н. Метрологические основы аналитической химии [Электронный ресурс]:  
<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/garmash.pdf>,
4. Сайт научного совета по аналитической химии РАН: <http://www.rusanalytchem.org>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Лаборатория оснащена посудой, реактивами и оборудованием, необходимыми для проведения качественного и количественного анализа. Лаборатория физико-химических методов анализа оборудована газовым хроматографом Хромос-1000, фотоэлектроколориметрами КФК-2, кондуктометром № 5721, иономерами универсальными ЭВ-74, рН-метрами милливольтметрами рН-121, рН-метрами Mettler Toledo Five Easy FE 20, магнитными мешалками, плитками и другим лабораторным оборудованием. Имеются помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 04.03.01 - Химия.

Автор(ы): Нипрук Оксана Валентиновна, доктор химических наук, профессор  
Елипашева Елена Валерьевна, кандидат химических наук, доцент  
Абражеев Ростислав Владиславович, кандидат химических наук, доцент.

Рецензент(ы): Зеленцов Сергей Васильевич, доктор химических наук.

Заведующий кафедрой: Князев Александр Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.