

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

Методы анализа в современных технологиях

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

04.04.01 - Химия

Направленность образовательной программы

Аналитическая и медицинская химия в современных технологиях

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.02.01 Методы анализа в современных технологиях относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н.1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н.2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н.1: Знать перспективы развития и возможности современных методов анализа, основные области их применения. Уметь выбрать лучший вариант и методику определения веществ в реальных объектах при использовании современных методов анализа. Владеть навыками планирования исследования при использовании методов анализа в современных технологиях. ПК-1-н.2: Знать основные алгоритмы выбора экспериментальных и расчетно-теоретических подходов в современных технологиях. Уметь выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы в современных технологиях. Владеть приемами выбора современных методов химического анализа при решении задач в современных технологиях.	Задачи Контрольная работа	Зачёт: Контрольные вопросы

ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н.1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных ПК-2-н.2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н.1: Знать алгоритмы поиска в информационных базах данных, содержащих специализированную информацию по современным методам анализа. Уметь проводить поиск специализированной информации в информационных базах данных по современным методам анализа. Владеть навыками работы с информационными базами данных, содержащими специализированную информацию по современным методам анализа. ПК-2-н.2: Знать алгоритмы обобщения результатов информационного поиска по современным методам анализа. Уметь проводить обобщение результатов информационного поиска по методам химического анализа в современных технологиях. Владеть навыками анализа и обобщения результатов информационного поиска по современным методам исследования химического состава объектов различной природы.	Задачи Контрольная работа	Зачёт: Контрольные вопросы
---	---	--	------------------------------	-------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Тема 1. Инструментальные методы химического анализа в современных технологиях.	5	2		2	3
Тема 2. Электрохимические методы анализа.	24	6	8	14	10
Тема 3. Спектральные методы анализа.	26	8	8	16	10
Тема 4. Хроматография.	26	8	8	16	10
Тема 5. Масс-спектрометрия и хромато-масс-спектрометрия.	26	8	8	16	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Инструментальные методы химического анализа в современных технологиях.

Классификация и основные характеристики инструментальных методов анализа. Критерии выбора метода анализа для решения конкретной аналитической задачи.

Тема 2. Электрохимические методы анализа.

Классификация и основные характеристики электрохимических методов анализа. Потенциометрия. Понятие потенциометрической ячейки. Потенциометрические электроды и их характеристики. Металлические электроды. Мембранные ионоселективные электроды. Механизм возникновения потенциала. Уравнения Нернста и Никольского. Ионометрия. Методы определения концентраций электролитов в растворе. Потенциометрическое титрование. Способы нахождения точки эквивалентности.

Кондуктометрия. Теоретические основы и практическое применение. Аппаратура.

Вольтамперометрия. Принцип метода, качественный и количественный вольтамперометрический

анализ, уравнение Ильковича. Инверсионная вольтамперометрия. Возможности метода в анализе техногенных сред и объектов окружающей среды.

Кулонометрия. Физико-химические основы метода. Потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование. Аппаратура и возможности метода.

Тема 3. Спектральные методы анализа.

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-эмиссионный анализ. Теоретические основы метода. Понятие мультиплетности. Правило отбора спектральных переходов. Принципиальная схема атомно-эмиссионного спектрального прибора. Источники возбуждения спектров. Дуга переменного и постоянного тока. Высоковольтная искра. Индуктивно-связанная плазма. Приемники излучения. Связь спектральных характеристик элемента с его положением в Периодической системе. Линейчатые и сплошные спектры. Причины уширения спектральных линий. Количественное определение элементов. Интенсивность спектральной линии и его связь с природой атома и параметрами эксперимента. Явление самопоглощения. Уравнение Шейбе–Ломакина. Химические помехи.

Атомно-флуоресценцентный метод. Физические основы атомно-флуоресценцентного метода. Методы атомизации в атомно-флуоресценцентном методе: пламенные, электротермические и лазерные.

Источники возбуждающего излучения: ксеноновая лампа, ртутная лампа, лазеры с перестраиваемой длиной волны. Понятие о резонансной флуоресценции. Влияние интенсивности возбуждающего излучения на предельные возможности атомно-флуоресценцентного метода. Причины высокой разрешающей способности метода. Рассеяния излучения источника возбуждения - основной фактор влияющий на чувствительность метода. Использование нерезонансной флуоресценции.

Атомно-абсорбционный метод анализа. Принцип метода. Принципиальная схема атомно-абсорбционного спектрального прибора. Источники света. Лампа полого катода. Источники сплошного спектра. Способы атомизации. Пламенная атомизация. Электротермическая атомизация. Графитовый электротермический атомизатор Львова. Неселективное поглощение, его учет и устранение. Влияние ионизации атомов на результаты анализа. Буферирование. Помехи: химические и физические.

Количественный анализ. Метод абсолютной градуировки, метод добавок. Гидридный вариант атомно-абсорбционного анализа.

Вращательная спектроскопия молекул. Происхождение спектров вращения. Количественный анализ. ИК - спектроскопия. Источники излучения. Происхождение колебательных спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Количественный анализ. Возможности спектральных методов.

Тема 4. Хроматография.

Возникновение и развитие хроматографии. Принципы хроматографического метода разделения веществ. Основные термины и определения. Хроматографические процессы. Классификация разновидностей хроматографического метода. Газовая и жидкостная хроматографии.

Основные положения теории хроматографии. Удерживание и разделение веществ; размывание хроматографических зон. Хроматограмма. Связь формы хроматографического пика с характером изотермы сорбции. Параметры удерживания компонентов. Коэффициент распределения. Критерии разделения веществ.

Селективность и эффективность колонок. Влияние условий разделения на эффективность. Теория теоретических тарелок в хроматографии. ВЭТТ. Основные факторы, влияющие на размывание хроматографического пика. Теория эффективной диффузии. Уравнение Ван-Деемтера.

Газовая хроматография (ГХ). Разновидности газовой хроматографии. Газо-жидкостная (ГЖХ) и газо-

адсорбционная (газо-твердофазная, ГТХ) хроматография. Принципиальная схема газового хроматографа. Назначение отдельных блоков. Насадочные и капиллярные колонки. Сорбенты для газовой хроматографии. Минеральные (неорганические) и полимерные адсорбенты. Носители и неподвижные фазы. Подвижные фазы. Пламенно-фотометрический детектор (ПФД). Пламенно-ионизационный детектор (ПИД), Фотоионизационный детектор (ФИД). Электронозахватный детектор (ЭЗД). Гибридные газохроматографические системы. Масс-спектрометрическое детектирование (ГХ-МС). Инфракрасное детектирование с Фурье-преобразованием (ГХ-ФПИК). Атомно-эмиссионное детектирование (ГХ-АЭД). Методы подготовки и ввода проб. Качественный газохроматографический анализ. Методы идентификации веществ. Количественный анализ. Методы первичной обработки результатов анализа. Методы и метрология хроматографических измерений. Метод абсолютной градуировки, метод внутреннего стандарта, метод внутренней нормализации. Контроль точности измерений. Жидкостная хроматография. Жидкость-жидкостная (ЖЖХ, распределительная) хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Молекулярная адсорбционная (жидкостно-твердофазная, ЖТХ) хроматография. Нормально-фазовая и обращенно-фазовая ВЭЖХ. Ионообменная (ИОХ) и ионная (ИХ) хроматография. Гель-проникающая (эксклюзионная) хроматография. Планарная (бумажная (БХ) и тонкослойная (ТСХ)) хроматография. Общая схема жидкостного хроматографа. Сорбенты, элюенты и детекторы в ВЭЖХ. Качественный и количественный анализ. Возможности и применение разновидностей метода жидкостной хроматографии. Применение газовой и жидкостной хроматографии в анализе химических материалов и объектов окружающей среды.

Тема 5. Масс-спектрометрия и хромато-масс-спектрометрия.

Масс-спектрометрия. Физические основы метода. Методы ионизации. Ионизация электронным ударом. Выбор энергии ионизации. Химическая ионизация. Ионизация лазерной десорбцией при содействии матрицы (MALDI). Ионизация в электроспрее (ESI). Ионизация метастабильными ионами на поверхности (DART).

Формирование масс-спектров. Основные законы формирования масс-спектров: правило выброса максимального алкильного радикала, правило Стивенсона-Одье, правило распада четноэлектронных ионов, влияние прочности химической связи. Структурные и стереохимические факторы формирования масс-спектра, орто-эффект. Практические приемы расшифровки масс-спектров: определение элементного состава на основании изотопных линий, азотное правило. Закономерности формирования масс-спектров некоторых классов органических соединений: алканы, алкены и диены, алкины, арены, галогенпроизводные углеводородов, фенолы, спирты, карбонильные соединения, карбоновые кислоты и сложные эфиры.

Масс-анализаторы и детекторы ионов. Скорость сканирования спектра. Разрешающая способность. Квадрупольные масс-анализаторы. Магнитные секторные масс-анализаторы. Сопоставление магнитных и квадрупольных масс-анализаторов. Тандемные масс-спектрометры. Другие типы масс-анализаторов. Детекторы ионов. Сочетание масс-детектора с газовыми и жидкостными хроматографами. Обработка хромато-масс-спектрометрических данных. Компьютеризация хромато-масс-спектрометрического анализа. Режим сканирования по полному ионному току и селективный ионный мониторинг. Идентификация и количественное определение. Качественный хромато-масс-спектрометрический анализ. Базы данных масс-спектров. Проблема идентификации изомеров. Количественный хромато-масс-спектрометрический анализ. Метод внешнего стандарта. Метод внутреннего стандарта, использование изотопов. Метод добавок. Возможности хромато-масс-спектрометрии и применение метода. Предел обнаружения метода хромато-масс-спектрометрии. Сравнение возможностей масс-детектора с другими детекторами, используемыми в газовой и жидкостной хроматографии. Практическое применение хромато-масс-спектрометрии в экологическом мониторинге, криминалистике, анализе лекарственных препаратов, высокочистых

веществ, алкогольной продукции, биолого-медицинских исследованиях. Тенденции развития метода: снижение предела обнаружения, использование многомерной масс-спектрометрии, сочетание масс-детектора с двумерной хроматографией, создание 3D-масс-спектрометрических изображений тканей и органов с помощью масс-спектрометрии MALDI.

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 "Электрохимические методы анализа" (<http://e-learning.unn.ru/course/view.php?>).
- открытый онлайн-курс МООС "Газовая хроматография и хромато-масс-спектрометрия" (<https://moos.unn.ru/enrol/index.php?id=67>).

Иные учебно-методические материалы: 1. Мосягин П.В., Крылов В.А. Хроматомасс-спектрометрический метод анализа. Учебное пособие. Н.Новгород: Издательство ННГУ. 2021. 88 с.

2. Крылов В.А., Мосягин П.В. Хромато-масс-спектрометрическое определение веществ. Учебное пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. 80 с.

3. Абражеев Р.В. Методы атомной спектроскопии в аналитической химии. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. 39 с.

4. Крылов В.А., Сергеев Г.М., Елипашева Е.В. Введение в хроматографические методы анализа. Ионный обмен и ионная хроматография. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. 40 с.

5. Крылов В.А., Сергеев Г.М., Шляпунова Е.В. Практическая ионная хроматография. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. 54 с.

6. Лизунова Г.М., Кулешова Н.В. Электрохимические методы анализа. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. 25 с.

7. Мосягин П.В., Крылов В.А. Газохроматографическое определение органических токсикантов в воде с микроэкстракционным концентрированием. Учебно-методическое пособие. Н.Новгород: Издательство ННГУ, 2020. с. 63.

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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

Задача № 1.

Потенциал хлорид-селективного электрода в растворе с концентрацией хлорид ионов $1,0 \times 10^{-3}$ моль/л равен 100 мВ. Внутренний раствор сравнения имеет концентрацию $1,0 \times 10^{-1}$ моль/л. Рассчитайте и запишите уравнение электродной функции.

Задача № 2.

При определении нитрат ионов 20,0 г измельченных корнеплодов залили 20,0 мл воды, потенциал погруженного в приготовленную смесь нитрат селективного электрода с идеальной Нернстовской функцией равен 130 мВ. В стандартном растворе нитрата калия, содержащем 202 мг/л соли, потенциал равен 118 мВ. Каково содержание нитрат ионов в корнеплодах, мг/кг? (Принять плотность полученной смеси 1,00 г/мл).

Задача № 3.

Потенциал сульфат-селективного электрода в растворе с концентрацией сульфат ионов $1,0 \times 10^{-5}$ моль/л равен -25 мВ (минус 25). Рассчитайте уравнение электродной функции для сульфат-селективного электрода, если известно, что внутренний раствор сравнения имеет концентрацию $1,0 \times 10^{-4}$ моль/л.

Задача № 4.

Потенциал ячейки (электродная пара: стеклянный и нормальный каломельный электроды) равен 209 мВ в буферном растворе с рН 4,01. Рассчитать рН и активность ионов водорода $a(\text{H}^+)$ в растворах, если потенциалы равны: а) 301,1 мВ; б) 71 мВ.

Задача № 5.

Потенциал кальций-селективного электрода в стандартном растворе хлорида кальция с молярной концентрацией $1 \cdot 10^{-1}$ моль/л равен 40 мВ. Концентрация внутреннего раствора в электроде $2 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Для определения содержания ионов Ca^{2+} в водном растворе ($V=100$ мл) его упарили до 40 мл.

Измеренное в этой пробе значение потенциала оказалось равным 8 мВ. Определить содержание Ca^{2+} в образце. Электрод не обладает идеальной Нернстовской функцией.

Задача № 6.

Потенциал ячейки (Mg-селективный электрод и хлоридсеребряный электрод сравнения) равен 367 мВ в растворе с $a(\text{Mg}^{2+}) = 9,62 \times 10^{-3}$ моль/л.

Определить $p\text{Mg}$ и $a(\text{Mg}^{2+})$ в растворе, потенциал в котором равен 300 мВ. Электрод обладает идеальной Нернстовской функцией.

Задача № 7.

Серебряный индикаторный электрод с идеальной Нернстовской функцией и хлоридсеребряный электрод сравнения погрузили в 100 мл раствора с неизвестной концентрацией ионов серебра и установили, что потенциал равен 0,40 В. Затем добавили 1,0 мл 0,10 моль/л раствора AgNO_3 . Потенциал индикаторного электрода стал равным 0,42 В.

Определить концентрацию ионов серебра в исследуемом растворе.

Задача № 8.

При определении нитратов 20 мл сточной воды помещены в потенциометрическую ячейку. Потенциал нитрат селективного электрода с идеальной функцией оказался равным 34 мВ. После этого к пробе добавили 1,0 мл стандартного раствора нитрата калия, содержащего 3,68 г соли в литре. Потенциал электрода стал равным 18 мВ. Каково содержание нитратов в сточной воде?

Задача № 9.

Потенциал магний селективного электрода с идеальной Нернстовской крутизной в анализируемом растворе равен 120 мВ. К 20 мл этого раствора добавили 0,50 мл стандартного раствора с концентрацией $1,0 \times 10^{-1}$ моль/л сульфата магния. Потенциал электрода в полученном растворе оказался равным 100 мВ. Рассчитайте:

- 1) Какова молярная концентрация ионов магния в анализируемом растворе?
- 2) Сколько мг ионов магния содержится в 3,0 л анализируемого раствора?

Задача № 10.

Рассчитайте, во сколько раз изменилась оптическая плотность раствора в процессе титрования, если при этом его светопропускание уменьшилось с 93% до 31%?

Задача № 11.

Рассчитайте значение молярного коэффициента светопоглощения некоторого вещества, если оптические плотности двух его растворов с концентрациями $2,00 \times 10^{-5}$ и $6,00 \times 10^{-5}$ моль/л в кювете с толщиной поглощающего слоя 2,03 см, измеренные относительно воздуха, соответственно равны 0,482 и 1,18.

Задача № 12.

Рассчитайте значение молярного коэффициента светопоглощения дихромата калия, если его раствор, содержащий 40 мг/л хрома, при длине волны 350 нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 0,50 см создает оптическую плотность, измеренную относительно "холостого" раствора, не содержащего хром, равную 0,64.

Задача № 13.

Рассчитайте, во сколько раз следует разбавить раствор соли алюминия при приготовлении пробы для фотометрирования в оптимальных условиях ($\epsilon = 0,43$) в кювете с толщиной поглощающего слоя 1,0 см, если раствор содержит 200 мг/л ионов Al^{3+} , а молярный коэффициент светопоглощения продукта взаимодействия с алюминоном $1,2 \times 10^4$.

Задача № 14.

Рассчитайте степень диссоциации поглощающего продукта реакции, образующегося из не поглощающих исходных веществ и по схеме:

если оптическая плотность раствора в точке эквивалентности при фотометрическом титровании составила 0,74, а добавление значительного избытка титранта привело к возрастанию оптической плотности до 0,81.

Задача № 15.

Рассчитать энергию возбуждения спектральной линии кальция с длиной волны 422,7 нм.

Задача № 16.

Рассчитать энергию возбуждения спектральной линии цинка с волновым числом $2,90 \times 10^{-3} \text{ нм}^{-1}$.

Задача № 17.

Для определения содержания марганца в стали измеряли почернение линий гомологической пары и . При анализе стандартных образцов стали с известным содержанием марганца получены результаты, представленные в таблице:

Почернение линий гомологической пары и для стандартных образцов стали

0,59	0,89	0,76
0,74	1,07	0,80
1,43	1,31	0,72

При анализе трех образцов стали (а, б, в) неизвестного состава получены результаты, представленные в таблице:

Почернение линий гомологической пары и для анализируемых образцов стали

Образец		
а	1,09	0,75
б	0,95	0,74
в	1,23	0,79

Определите массовую долю (%) марганца в анализируемых сталях.

Задача № 18.

Для определения содержания ванадия пробу нефти массой 2,000 г разбавили метилизобутилкетонем в 10 раз и распылили в пламени горелки атомно-абсорбционного спектрометра. Оптическая плотность при длине волны линии ванадия составила 0,650. Вычислите массовую долю ванадия в образце, если известно, что для другого образца нефти такой же массы, содержащего 0,005 г ванадия и обработанного аналогичным образом, оптическая плотность составляет 0,810.

Задача № 19.

Рассчитайте разрешение двух пиков, если время выхода первого компонента 3,1 мин, второго компонента 3,8 мин. Ширина первого пика 0,30 мин. Ширина второго пика 0,70 мин.

Задача № 20.

Рассчитайте степень разделения изопропанола и пропанола на различных хроматограммах, используя данные таблицы. Форма пиков близка к кривой нормального распределения.

Характеристики хроматографических пиков при определении изопропанола и пропанола

Номер хромато- граммы	Пик изопропанола		Пик пропанола	
	, с	, с	, с	, с
1	190	16	210	21
2	204	19	230	24
3	230	30	300	50

Задача № 21.

Рассчитайте фактор разделения двух веществ, если время выхода первого – 3,0 мин, второго – 4,0 мин, время выхода несорбирующегося компонента 1,0 мин.

Задача № 21.

Рассчитайте фактор емкости, если время выхода вещества 6 мин, а время выхода несорбирующегося компонента 2 мин.

Задача № 22.

Установите природу одноатомного спирта X, если приведенное время удерживания его составило 5,0 мин. В тех же условиях время удерживания метанола составило 5,0 минут, этанола 6,5 минут, приведенное время удерживания *n*-пропанола 6,5 минут, время выхода несорбирующегося компонента – 1,5 минуты.

Задача № 23.

Рассчитайте приведенный удерживаемый объем толуола, если время выхода толуола 4,8 мин, время выхода несорбирующегося компонента 0,60 мин, расход газа-носителя через колонку 1,5 см³/мин.

Задача № 24.

Вычислите удерживаемый объем и приведенный удерживаемый объем соединения X на хроматографической колонке, если время удерживания составляет 4,0 мин. Скорость потока несорбирующегося газа-носителя азота составляет 40 см³/мин, время выхода азота – 30 с.

Задача № 25.

Определите время выхода несорбирующегося вещества из хроматографической колонки, если удерживаемый объем некоторого соединения X составляет 150 см^3 , а приведенный удерживаемый объем – 120 см^3 . Скорость потока газа-носителя $30 \text{ см}^3/\text{мин}$.

Задача № 26.

Установите природу углеводорода X , используя данные таблицы, если время удерживания X равно 1,74 мин, время удерживания несорбирующегося компонента 0,51 мин, скорость газа-носителя $1,3 \text{ см}^3/\text{мин}$.

Приведенные удерживаемые объемы некоторых предельных углеводородов в условиях эксперимента

Углеводород	, см^3
Пентан	1,4
Гексан	1,5
Гептан	1,6
Октан	1,7

Задача № 27.

Напишите катионообменные реакции между сильнокислотным катионитом в -форме и ионами магния (II), железа (III) и алюминия (III).

Задача № 28.

Напишите анионообменные реакции между сильноосновным анионитом в -форме и хлорид-, сульфид- и фосфат-ионами.

Задача № 29.

Рассчитайте концентрацию соляной кислоты в растворе хлорида алюминия, если через колонку, заполненную катионитом в -форме, пропустили 50 мл подкисленного соляной кислотой раствора хлорида алюминия с эквивалентной концентрацией 0,10 моль/л. Элюат собрали в колбу, объемом 100 мл и разбавили водой. На титрование 20 мл полученного раствора израсходовано 17,0 мл раствора щелочи с

эквивалентной концентрацией 0,050 моль/л. Обменной емкости катионита достаточно, чтобы сорбировать все катионы алюминия из раствора.

Задача № 30.

Рассчитайте коэффициенты распределения D и выберите оптимальную концентрацию соляной кислоты, обеспечивающую максимальное значение фактора разделения α ионов цинка (II) и кадмия (II), если на комплексонометрическое титрование цинка (II) и кадмия (II) в элюате при разной концентрации соляной кислоты израсходованы указанные ниже объемы раствора комплексона III с эквивалентной концентрацией 0,050 моль/л. Исходные массы цинка (II) и кадмия (II) составляют по 10 мг.

Результаты комплексонометрического титрования цинка (II) и кадмия (II)

Вариант	а)	б)	в)
моль/л	0,05	0,20	0,50
, мл:			
титрование Zn (II)	3,5	2,8	2,5
титрование Cd (II)	3,4	2,7	2,4

Задача № 31.

Рассчитайте массу никеля (II), которая останется в растворе, если через колонку, заполненную 10 г катионита, пропустили 500 мл раствора соли никеля с эквивалентной концентрацией 0,050 моль/л. Динамическая обменная емкость катионита в данных условиях равна 1,4 ммоль эквивалентов никеля на 1 г ионообменной смолы.

Задача № 32.

Рассчитайте массовую долю в % нитрата натрия в смеси с сахарозой, если навеску смеси массой 2,000 г растворили в 100 мл воды. Затем 10 мл этого раствора пропустили через колонку, заполненную катионитом в -форме, и на титрование элюата потребовалось 15,00 мл 0,1110 моль/л раствора гидроксида натрия.

Задача № 33.

Рассчитайте, сколько мг хлорида натрия содержится в анализируемом растворе, если 10 мл этого раствора пропустили через колонку с катионитом в -форме, элюат разбавили до 25 мл, отобрали 15 мл полученного раствора и оттитровали раствором гидроксида натрия с концентрацией 0,10 моль/л –

потребовалось 7,7 мл. Объемной емкости сорбента достаточно для поглощения катионов натрия из анализируемого раствора.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

Задача № 1.

Возможно ли определение нитратов в молоке методом градуировочного графика с нитрат селективным электродом (с погрешностью не более 10%), если концентрация нитратов не превышает ПДК (100 мг/л), а концентрация хлоридов достигает 500 мг/л? Коэффициент селективности

Задача № 2.

Какова погрешность определения концентрации нитрат-ионов на уровне 0,001 моль/л в присутствии нитритов такой же концентрации, если коэффициент селективности к ним

Задача № 3.

Раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ обработан при нагревании раствором NaOH. Выделившийся аммиак поглощен 50 мл раствора HCl. $C(1/1 \text{ HCl}) = 0,20$ моль/л. Полученный раствор оттитровали 0,25 моль/л водным раствором NaOH. На кривой титрования первый скачок соответствовал $V(\text{NaOH}) = 22,5$ мл. Рассчитать массу $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в анализируемом растворе.

Задача № 4.

Навеску смеси солей хлорида, карбоната и гидрокарбоната натрия массой 600 мг растворили в мерной колбе объемом 100 мл. Аликвотную часть (20 мл) оттитровали 0,10 моль/л раствором соляной кислоты. На кривой потенциометрического титрования первый скачок соответствовал 8,45 мл раствора титранта, второй – 19,65 мл. Рассчитать массовую долю солей в смеси.

Задача № 5.

При титровании 50 мл соляной кислоты 0,01 моль/л раствором NaOH получили следующие данные:

$V(\text{NaOH}), \text{ мл}$	2	4	6	8	10
Электропроводность $w \cdot 10^3 (\text{Ом}^{-1})$	1,50	1,09	0,633	0,991	1,35

--	--	--	--	--	--

Постройте кривую кондуктометрического титрования, рассчитайте концентрацию кислоты (моль/л).

Задача № 6.

При титровании 50 мл раствора, содержащего NaOH и NH₄OH, 0,010 моль/л соляной кислотой получили следующие данные:

V(HCl), мл	Электропроводность, $\kappa \cdot 10^3 \text{ (Ом}^{-1}\text{)}$
0	6,30
1,0	5,41
2,0	4,52
3,0	3,62
4,0	3,71
5,0	4,79
6,0	5,85
7,0	6,93
8,0	9,00
9,0	12,1
10	15,1

Рассчитать содержание электролитов в растворе.

Задача № 7.

Рассчитайте молярный коэффициент светопоглощения окрашенного комплекса, если навеску полупроводникового материала массой 1 г, содержащую 2×10^{-4} % свинца, растворили в 25 мл кислоты, отобрали аликвоту 5 мл, добавили раствор реагента и получили 10 мл раствора окрашенного комплекса, который затем экстрагировали 2 мл хлороформа и получили в кювете с толщиной поглощающего слоя 2 см оптическую плотность 0,2.

Задача № 8.

Рассчитайте константу диссоциации пикриновой кислоты, если в кювете с толщиной поглощающего слоя 1,0 см оптическая плотность 0,30 моль/л раствора пикриновой кислоты равна 0,581, а оптическая плотность раствора, содержащего 0,15 моль/л раствора пикрата натрия и 1,5 моль/л гидроксида натрия, равна 0,419. При выбранной длине волны поглощают только пикрат-ионы, а молекулы пикриновой кислоты – нет.

Задача № 9.

Рассчитайте концентрации гексацианоферрата (II) калия (желтой кровяной соли) и гексацианоферрата (III) калия (красной кровяной соли) в растворе их смеси, если известно, что:

а) оптическая плотность смешанного раствора при длине волны 420 нм, при которой поглощает только гексацианоферрат (III) калия, в кювете с толщиной поглощающего слоя 1,00 см. равна 0,118; молярный коэффициент светопоглощения гексацианоферрата (III) калия при выбранной длине волны составляет 505;

б). потенциал платинового электрода, погруженного в смешанный раствор, относительно стандартного водородного электрода равен +0,337 В; стандартный электродный потенциал рассматриваемой редокс-пары составляет

Задача № 10.

Для фотометрического определения цинка приготовили рабочий раствор, содержащий 0,0005 мг/мл названных ионов. Разбавляя аликвоту рабочего раствора в мерной колбе объемом 25,0 мл приготовили серию градуировочных растворов. Их по очереди перенесли в мерную колбу объемом 50,0 мл, добавили растворы реактива-сульфарсазена и буферный раствор с pH 9,4, разбавили до метки и тщательно перемешали. Через 10 минут измерили оптическую плотность приготовленных растворов при 540 нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 5,0 см относительно "холостого опыта", не содержащего цинка

Состав и оптические плотности градуировочных растворов для определения цинка

№ раствора	Содержание цинка, мг/л	Оптическая плотность
1	0,05	0,08

2	0,10	0,13
3	0,20	0,25
4	0,30	0,38
5	0,50	0,65

1) На миллиметровой бумаге или на компьютере постройте градуировочный график в координатах А – Содержание цинка, мг/л. Подпишите оси, укажите масштаб.

2) С помощью графика или его уравнения рассчитайте содержание цинка в сточной воде, если, обработав аналогичным образом 50 мл сточной воды и выполнив измерения в аналогичных условиях, получили оптическую плотность, равную 0,35.

Задача № 11.

Рассчитайте содержание кремния в почве по результатам фотометрического определения по способу добавок, если навеску почвы массой 0,3456 г подвергли необходимой обработке и кремний перевели в раствор объемом 0,500 л. Этот раствор разбавили в 100 раз и из полученного раствора отобрали две аликвоты по 10 мл, поместили их в мерные колбы объемом 50 мл, в одну из них добавили аликвоту стандартного образца, содержащую 0,0020 мг кремния. Затем в обе колбы прилили необходимые реагенты, разбавили растворы до метки и, обработав в соответствии с методикой, измерили оптические плотности, которые в 3,0 см кювете составили для раствора без добавки и раствора с добавкой 0,325 и 0,370 соответственно.

Задача № 12.

Рассчитайте молярные концентрации ионов кобальта и никеля в смешанном растворе, если названные ионы металлов количественно (полностью) экстрагировали из 50 мл анализируемого раствора в 10 мл хлороформа в форме диэтилдитиокарбаминатов и . Оптическая плотность полученного экстракта в кювете с толщиной поглощающего слоя 1,0 см при длинах волн 367 и 328 нм составляет 0,245 и 0,590 соответственно, молярные коэффициенты светопоглощения равны:

Задача № 13.

Для определения натрия в стекле навеску массой 0,150 г растворили в смеси концентрированных серной и фтороводородной кислот. Полученный раствор выпарили, сухой остаток обработали разбавленной соляной кислотой и перенесли в мерную колбу объемом 250 мл. Раствор в колбе довели до метки дистиллированной водой. В три мерные колбы емкостью 50 мл поместили аликвоты приготовленного

выше раствора объемом 15 мл. Во вторую и третью колбу добавили, соответственно, 5 мл и 10 мл стандартного раствора с содержанием натрия 50 мкг/мл. Все три раствора разбавили до метки и измерили интенсивность излучения натрия в пламени пропан-воздух. Результаты представлены в таблице:

Результаты измерения интенсивности излучения при определении натрия в стекле

№ раствора	1	2	3
	36	57	78

Рассчитайте массовую долю (%) натрия в стекле.

Задача № 14.

Для атомно-абсорбционного определения серебра в железной руде её навеску массой 1,000 г после разложения и соответствующей обработки перевели в раствор объемом 10 мл. Пробу полученного раствора объемом 100 мкл поместили в электротермический атомизатор (графитовую печь) атомно-абсорбционного спектрометра и зарегистрировали оптическую плотность при длине волны аналитической линии серебра = 328,1 нм. Для трех образцов различной руды она составила: а) 0,79; б) 0,24; в) 0,55.

Для построения градуировочного графика в атомизатор вводили последовательно по 100 мкл стандартных растворов соли серебра и измеряли оптическую плотность в аналогичных условиях. При этом были получены результаты, представленные в таблице:

Результаты измерения оптической плотности градуировочных растворов

мкг/мл	0,01	0,05	0,1
	0,12	0,59	1,16

Вычислите содержание серебра в руде (г/т).

Задача № 15.

Определение свинца в воде проводили атомно-абсорбционным методом, используя способ добавок. Для этого в три делительные воронки поместили по 100 мл анализируемой воды. Во вторую и третью воронки добавили также 0,5 мл и 1 мл, соответственно, стандартного раствора свинца с его содержанием 25 мг/л.

Каждую пробу подкислили до pH 2,8 и свинец экстрагировали 2 мл 4%-ного раствора пирролидиндитиокарбамата аммония в метил-*n*-амилкетоне. Органическую фазу отделили и распылили в пламя ацетилен-воздух. Измеренные значения оптической плотности составили 0,385; 0,570 и 0,770, соответственно.

Определите содержание свинца (мг/л) в воде.

Задача № 16.

Оцените долю (%) атомов натрия, находящихся на возбужденном состоянии при температуре 3000° если длина волны соответствующей спектральной линии равна 589 нм а статистические веса возбужденного и основного состояний равны, соответственно, 2 и 1.

Задача № 17.

Рассчитайте удельную эффективность хроматографического разделения, если время выхода соединения X на двадцатиметровой колонке составило 4,3 мин, а ширина пика на половине высоты 0,070 мин.

Задача № 18.

Определите длину хроматографической колонки, если по гексану высота, эквивалентная теоретической тарелке составляет 0,10 мм, время удерживания 212 с, ширина основания пика 12 с.

Задача № 19.

Рассчитайте полуширину хроматографического пика g-гексахлорциклогексана на хроматограмме, если ВЭТТ газохроматографической колонки по этому веществу составляет 0,50 мм, длина колонки 1,0 м, время удерживания 210 с.

Задача № 20.

Установите природу вещества X, пользуясь экспериментальной хроматограммой, показанной на рисунке, и индексами Ковача веществ, полученными в идентичных условиях анализа.

Индексы Ковача

Вещество	Индекс Ковача
CH_2Br_2	693
CCl_4	630
CHCl_3	577
C_2HCl_3	667

$\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$	650

Задача № 21.

Рассчитайте время выхода *n*-октана, если в одинаковых условиях получены следующие времена удерживания: (*n*-C₅H₁₂)=4,36 мин, (*n*-C₆H₁₄)=5,18 мин, (*n*-C₇H₁₆)=6,21 мин, (*n*-C₉H₂₀)=9,14 мин. Время выхода несорбирующегося компонента 1,20 мин.

Задача № 22.

Установите природу вещества X, пользуясь экспериментальной хроматограммой, показанной на рисунке, и значениями температуры кипения веществ.

Температуры кипения веществ при $p = 1$ атм

Вещество	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бензол	80,1
Толуол	110,6
Хлорбензол	131
Октан	125,5
Тетрахлорэтилен	121
Пентан	36,1
Бромоформ	149
Дихлорметан	40

Задача № 23.

Установите природу альдегида X , если время выхода искомого альдегида 5,0 мин, время выхода несорбирующегося компонента 1,0 мин. Экспериментальная зависимость десятичного логарифма приведенного времени удерживания от числа атомов углерода предельного альдегида нормального строения в выбранных условиях отражается уравнением: .

Задача № 24.

Установите природу аналита X , пользуясь экспериментальной хроматограммой, показанной на рисунке, и значениями относительных времен удерживания веществ.

Относительные времена удерживания веществ

Аналит	
Хлороформ	0,8
Гексан	0,9
Гептан	1,2
Нонан	4,2
Ундека	5,1

Задача № 25.

Установите природу вещества X , если время удерживания его составило 9,0 минут, $t_m = 0,5$ мин. Экспериментальная зависимость десятичного логарифма приведенного времени удерживания от температуры кипения вещества отражается уравнением: . Используйте данные о температуре кипения веществ.

Температуры кипения веществ

Вещество	
Циклопентан	50
Циклогексан	80
Циклогептан	119
Пентахлорэтан	162
Гексахлорэтан	186
Циклодекан	201

Задача № 26.

Рассчитайте массовую долю в % второго по времени выхода компонента смеси, если на хроматограмме площади пиков по каждому из веществ составили: $S_1 = 11$ ед., $S_2 = 15$ ед., $S_3 = 22$ ед., $S_4 = 19$ ед., $S_5 = 9,0$ ед. Чувствительность детектора ко всем веществам одинакова.

Ответ: 20 %.

Задача № 27.

Рассчитайте массовую долю в % нафталина в образце, если площадь пика этого вещества составила 33 мВ·мин. Площадь пика стандарта нафталина ($w = 1,0 \cdot 10^{-4}$ %) составляет 184 мВ·мин.

Задача № 28.

Рассчитайте массовую долю в % вещества X в образце, если площадь пика вещества X составляет $S_x = 7,0$ ед. Градуировочная зависимость описывается функцией $S = 93w$.

Задача № 29.

Рассчитайте уравнение градуировочной зависимости и с его помощью найдите массовую долю в % этанола в анализируемом растворе, если плотность раствора 0,95 г/мл. Для 0,02 мл анализируемого раствора на хроматограмме получен пик высотой 57 мм. Для стандартных образцов этанола с различной его массой в тех же условиях были получены представленные в таблице значения высот пиков .

Содержание аналита в пробе и соответствующая ему высота хроматографического пика

	0,20	0,40	0,60	0,80	
	18	37	48	66	

Задача № 30.

Рассчитайте массовую долю в % каждого из компонентов газовой смеси по данным хроматографического анализа.

Данные хроматографического определения

	Вариант 1		Вариант 2	
Пропан	300	1,13	205	0,68
Бутан	–	–	97	0,68
Пентан	206	1,11	–	–
Циклогексан	18	1,08	48	0,85
Пропилен	–	–	22	0,05

Задача № 31.

Рассчитайте массовую долю в % непрореагировавшего толуола в смеси нитротолуола и толуола, полученной после нитрования последнего, по экспериментальным данным. Этилбензол использовали в качестве внутреннего стандарта.

Данные хроматографического определения

Вариант	Взято смеси	Введено этилбензола, г	Толуол	Этилбензол
---------	-------------	------------------------	--------	------------

	(проба), г				
1	8,5412	0,7522	55,3	1,01	80,1
2	25,1639	1,2873	80,7	0,794	109,2

Задача № 32.

Рассчитайте обменную емкость анионита, если 1 г его в -форме поместили в колбу, добавили 150 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 0,05 моль/л, содержимое колбы перемешивали до установления равновесия, затем из колбы отобрали 20 мл раствора и оттитровали 0,1 моль/л раствором гидроксида натрия. Эквивалентный объем титранта составил 18 мл.

Задача № 33.

Рассчитайте наибольший объем раствора сульфата цинка с эквивалентной концентрацией 0,1 моль/л, из которого можно полностью поглотить ионы цинка в колонке диаметром 3 мм и длиной 150 мм, заполненной катионитом с динамической обменной емкостью по ионам цинка 3 ммоль экв/г, если удельный объем смолы в колонке равен 3 см³/г.

Задача № 34.

Постройте градуировочный график для определения нитрат-ионов методом ионной хроматографии по экспериментальным данным и с его помощью рассчитайте содержание нитрат-ионов в питьевой воде в мг/л, если для нее площадь пика, соответствующая , составила 4,1 мкВ·с.

Состав градуировочных растворов и соответствующие площади пиков для определения нитрат-ионов

№ раствора	Содержание NO ₃ ⁻ , мг/л	S _{пика} , мкВ·с
1	0,50	1,7
2	1,0	3,4
3	2,0	6,8
4	3,0	10
5	5,0	17

Задача № 35.

Рассчитайте коэффициенты подвижности и относительные коэффициенты подвижности для а) аланина и б) фенилаланина, если при их разделении и определении методом тонкослойной хроматографии расстояние от линии старта до линии финиша составляло 100 мм, расстояние от линии старта до центра пятна стандартного вещества – 60 мм, аланина – 55 мм, фенилаланина – 65 мм.

Задача № 36.

Постройте градуировочный график для хроматографического определения ионов никеля на бумаге, пропитанной диметилглиоксимом, по экспериментальным данным и с его помощью рассчитайте массу никеля в анализируемой пробе.

Для приготовления стандартных растворов навеску растворили в мерной колбе объемом 50 мл, из нее отобрали последовательно 5,0, 10,0 и 20,0 мл и каждую из алиquot разбавили до 50 мл. Анализируемый раствор также разбавили в колбе на 50 мл. На хроматографическую бумагу наносили равные объемы стандартных и анализируемого растворов и измеряли площадь соответствующих зон.

Экспериментальные данные для хроматографического определения никеля (II) способом градуировочного графика

Вариант	Масса навески $m(\text{NiCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O})$, г	Площадь зоны, мм ²			
		S_1	S_2	S_3	S_x
1	0,2040	21,0	38,5	72,3	43,3
2	0.2284	23,5	40,0	74,2	37,5
3	0,3720	38,0	50,5	128,3	59,0

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.

Оценка	Критерии оценивания
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Какая физическая величина является аналитическим сигналом в потенциометрическом методе анализа?
2. В чем сущность и в чем различия важнейших разновидностей потенциометрии – ионометрии и потенциометрического титрования?
3. Какое уравнение лежит в основе теории потенциометрии?
4. Какова роль индикаторных и вспомогательных электродов?
5. Как устроены важнейшие вспомогательные электроды – стандартный водородный, каломельный, хлоридсеребряный – и почему потенциал на них остается постоянным независимо от состава анализируемого раствора?
6. Что называют электрохимической ячейкой?
7. Как схематически изобразить электрохимическую ячейку (например, для пары Pt– и хлоридсеребряный электроды в растворе HCl)?
8. Какие типы индикаторных электродов различают?
9. Как устроены электроды I и II рода?
10. Каков принцип действия и область применения электродов I и II рода?
11. Как проводится потенциометрическое титрование?

12. Какие типы реакций чаще применяются для потенциометрического титрования?
13. Какие способы нахождения конечной точки титрования используются в потенциометрическом титровании?
14. Какие физические процессы лежат в основе фотометрического определения веществ?
15. Как формулируется закон Бугера – основной закон поглощения света веществом?
16. Что называют оптической плотностью и пропусканием? От чего зависят эти величины, как связаны друг с другом, в каких единицах измеряются, какие значения могут принимать?
17. Что называют молярным коэффициентом светопоглощения? Каков его физико-химический смысл, какие факторы влияют на его величину, в каких единицах измеряется, какие значения может принимать?
18. Как связаны молярный коэффициент светопоглощения и чувствительность фотометрических определений?
19. Как формулируется правило аддитивности оптической плотности? Какое условие требуется выполнить, чтобы правило аддитивности соблюдалось?
20. Что называют отклонениями от основного закона светопоглощения? Какие причины вызывают их? В каких случаях отклонения могут привести к значительной погрешности и как уменьшить причины отклонений?
21. Как реализуют важнейшие способы определения концентраций (способ градуировочного графика, фотометрическое титрование, способ добавок) в фотометрии? Каковы достоинства и недостатки анализа с применением данных способов?
22. Как влияет способность к поглощению света участниками реакции на вид кривой фотометрического титрования? Как и почему сказываются прочность продукта реакции и разбавление раствора при титровании на кривой титрования?
23. Из каких важнейших блоков состоит прибор для фотометрического анализа?
24. Какие процессы приводят к формированию атомных спектров? В чем их отличие от молекулярных спектров в спектрофотометрии?
25. Какие спектральные линии называют "аналитическими"?
26. Как классифицируют методы атомной спектроскопии (по диапазону электромагнитного излучения, по характеру взаимодействия излучения с веществом, по типу поглощающих частиц)?
27. В чем сущность метода атомной эмиссионной спектроскопии (АЭС)?
28. Из каких основных узлов состоит прибор для АЭС?
29. Опишите устройство, достоинства и недостатки, возможности источников возбуждения (пламя, дуга, искра, индуктивно-связанная плазма), диспергирующих элементов (призма, дифракционная решетка), приемников излучения (глаз, фотопластинка, фотоэлектрические детекторы).
30. В чем заключаются особенности ионообменной и ионной хроматографии?
31. Как с помощью ионообменной хроматографии разделить компоненты каждой из указанных смесей?

а) Al(III) ; Fe(III) .

б) Bi(III) ; Cd(II) ; Sn(IV) .

в) Cu(II) ; Mn(II)); Ni(II)) Zn(II)).

г) Li(I) K(I) ; Na(I) ; Rb(I) ; Cs(I) .

д) Cl^- Br^- ; I^- .

32. Что такое обменная емкость ионита? Какие типы обменной емкости различают?

33. На чем основан механизм разделения веществ в бумажной и тонкослойной хроматографии.

34. Перечислите основные параметры, используемые для идентификации веществ методом тонкослойной хроматографии.
35. Можно ли дифференцировать по точным m/z молекулярных ионов (полученных с помощью высокого разрешения) следующие соединения: а) этан и формальдегид; б) уксусную кислоту и изопропанол; в) цикlopентанол и *n*-гексан; г) 2-метилциклопентанон и циклогексанон; д) *n*-бутаналь и тетрагидрофуран?
36. Объясните принцип ионизации электронным ударом.
37. Объясните принцип химической ионизации.
38. Сравните по величине энергию ионизации молекулы с энергией появления осколочного иона, образовавшегося из нее..
39. Для чего нужен высокий вакуум в масс-спектрометре?
40. Почему в масс-спектральной практике используют масс-спектры, полученные при 70 эВ, если энергия ионизации большинства органических соединений лежит в пределах 7-10 эВ?
41. Какова разрешающая способность прибора (R), если пики с m/z 250 и 250.5 разрешаются на высоте 10%?
42. Энергия ионизации бензола равна 9.25 эВ. Будут ли различаться масс-спектры ЭУ, полученные при энергиях ионизирующих электронов 9.35 и 50 эВ? Будут ли меняться при этом чувствительность прибора и воспроизводимость получаемых спектров?
43. При каких энергиях бомбардирующих электронов создаются благоприятные условия для образования отрицательных ионов (захват электрона)?

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. Может ли один и тот же электрод (например, серебряный электрод) функционировать и как электрод I, и как электрод II рода?
2. Как классифицируют мембранные ионоселективные электроды по типу мембран?
3. Как устроены и функционируют электроды с твёрдыми, жидкими и плёночными мембранами?
4. По какому уравнению оценивают потенциал электрода в присутствии мешающих ионов?
5. Что называют селективностью электродов и как ее оценивают?
6. Как устроен стеклянный рН-чувствительный электрод?
7. Как выглядит электродная функция стеклянного рН-чувствительного электрода и с чем связана ее особенность в области больших значений рН?
8. Как устроены электроды с кристаллическими мембранами?
9. Каков принцип действия и практическое применение сульфидсеребряного (аргентитового) электрода, электроды с мембраной на основе сульфида серебра?
10. Как проводится количественный ионометрический анализ способом градуировочного графика?
11. Как влияет знак и величина заряда потенциалопределяющего иона на вид градуировочного графика в ионометрии?
12. Как проводится количественный потенциометрический анализ способом добавок?
13. В каких случаях возможно определение нескольких компонентов раствора без их разделения потенциометрическим титрованием (на примере смеси соляной и азотной а также соляной и уксусной кислот)?
14. Каковы достоинства и недостатки рассмотренных способов определения концентрации в потенциометрии?
15. В чем преимущества использования монохроматизированного излучения в фотометрическом анализе? Какие способы монохроматизации излучения применяют в фотометрии?
16. Как выполняют фотометрический анализ двух- и более компонентных систем на основе правила аддитивности?

17. Как выбирают оптимальные условия для фотометрического определения веществ: длину волны падающего света, толщину поглощающего слоя и т.д.?
18. Какие факторы определяют погрешности при фотометрическом определении веществ? Каков диапазон оптимальных значений оптической плотности?
19. Каковы случайная погрешность, чувствительность, селективность фотометрических определений?
20. Каковы особенности спектров поглощения в фундаментальной ИК-области спектра?
21. Каковы особенности и возможности решения аналитических задач методом ИК-спектроскопии?
22. В чем заключаются аппаратные и фундаментальные причины уширения спектральных линий?
23. Как выполняют качественный атомно-эмиссионный спектральный анализ?
24. Как записывается уравнение Ломакина-Шайбе, какие величины в него входят?
25. Как выполняют количественный атомно-эмиссионный спектральный анализ (способами градуировочного графика и добавок)?
26. В чем сущность метода атомно-абсорбционного спектрального анализа (ААС)?
27. Из каких основных узлов состоит прибор для ААС?
28. Опишите устройство, достоинства и недостатки, возможности источников излучения и способов атомизации в ААС.
29. Какие способы определения концентрации применяют в ААС? В чем их достоинства и недостатки?
30. В чем заключается сущность метода хроматографии? Каковы области применения, достоинства и недостатки разновидностей хроматографического метода?
31. Опишите классификацию различных видов хроматографии: по агрегатному состоянию подвижной фазы (газовая, жидкостная, флюидная); по способу перемещения сорбата (фронтальная, элюентная, вытеснительная); по конфигурации разделяющей системы (планарная, насадочно- и капиллярноколоночная, многомерная); по механизму разделения (адсорбционная, распределительная, ситовая, ионообменная).
32. Дайте описание сорбентов и носителей, применяемых в хроматографии. Какие требования предъявляются к ним? Опишите применение неорганических и органических сорбентов.
33. Что такое коэффициент распределения, фактор разделения, фактор емкости, удерживаемый объем, относительное удерживание и разрешение пиков?
34. Что такое высота, эквивалентная теоретической тарелке (ВЭТТ)? Каковы способы ее расчета?
35. Опишите принципы работы важнейших детекторов в хроматографическом анализе. Что такое линейный диапазон измерения аналитического сигнала, чувствительность и предел обнаружения детектора?
36. В чем заключается сущность метода хромато-масс-спектрометрии?
37. Каковы способы идентификации и принципы количественного определения в хроматографическом анализе? В чем заключается сущность методов: абсолютной градуировки, градуировки с использованием коэффициентов нормирования, нормирования и внутреннего стандарта?
38. Что такое высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)? Каковы особенности и преимущества ВЭЖХ?
39. Что такое изократическое и градиентное элюирование?
40. Что такое нормально-фазовая ВЭЖХ и обращенно-фазовая ВЭЖХ? Какие сорбенты и подвижные фазы используются в каждом названном варианте анализа?
41. Каковы основные детекторы, используемые в ВЭЖХ? Каковы основные принципы их работы?
42. Объясните принцип действия магнитного масс-анализатора.
43. Объясните принцип действия квадрупольного масс-анализатора.
44. Объясните принцип действия времяпролетного масс-анализатора.
45. Что может случиться с положительными ионами, если изменить полярность магнита?

46. От каких факторов зависит кривизна траектории ионов в магнитном и электростатическом анализаторах?
47. Почему для калибровки шкалы масс используют перфторированные соединения?
48. Почему масс-спектры представляют в нормализованном виде? Чем различаются нормировки по основному пику и по полному ионному току?
49. Можно ли по целочисленным массам молекулярных ионов различать C_6H_5OH , $C_6H_5^{18}OH$, $C_6H_3D_2OH$?

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<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 отдельным и 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 некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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	превосходно	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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	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»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	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 ПК-1-н

1. Классификация потенциометрических электродов. Вспомогательные электроды.
2. Электроды 1-го и 2-го рода, их свойства, применение в химическом анализе.
3. Жидкостные селективные электроды. Механизм возникновения потенциала. Рабочий диапазон концентраций и соотношение катионной и анионной функций.
4. Стекланные электроды. Электрохимические, аналитические свойства.
5. Потенциометрическое титрование с использованием реакций осаждения.
6. Полярографический метод анализа. Вольтамперная кривая.
7. Качественный и количественный вольтамперометрический анализ. Инверсионная вольтамперометрия.
8. Амперометрическое титрование.
9. Принципы и особенности хроматографического метода разделения веществ. Основные термины и определения.
10. Классификация разновидностей хроматографического метода.

11. Основные хроматографические параметры, характеризующие поведение вещества в колонке.
12. Основные положения концепции теоретических тарелок. Эффективность хроматографической колонки.
13. Кинетическая теория хроматографии.
14. Преимущества капиллярной газовой хроматографии.
15. Адсорбенты в газотвердофазной хроматографии. Носители и неподвижные фазы в газожидкостной хроматографии.
16. Потенциометрическое титрование в неводных средах.
17. Окислительно-восстановительное потенциометрическое титрование.
18. Селективность жидкостных ионоселективных электродов, связь с экстракционными характеристиками.
19. Селективность электродов различных типов. Способы определения коэффициентов селективности.
20. Потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование.
21. Способы получения хроматограмм.
22. Варианты газовой хроматографии. Их возможности, область применения.
23. Ионметрия. Метод градуировочного графика.
24. Методы добавок в ионметрии.
25. Потенциометрическое титрование. Способы нахождения конечных точек. Метод Каванга.
26. Линейные методы потенциометрического титрования.
27. Физические основы метода масс-спектрометрии.
28. Ионизация электронным ударом. Выбор энергии ионизации.
29. Ионизация в электроспрее (ESI).
30. Основные законы формирования масс-спектров.
31. Структурные и стереохимические факторы формирования масс-спектра, орто-эффект.
32. Закономерности формирования масс-спектров фенолов, спиртов, карбонильных соединений.
33. Скорость сканирования спектра. Разрешающая способность масс-анализаторов.
34. Магнитные секторные масс-анализаторы.

35. Тандемные масс-спектрометры.
36. Проблема сочетания масс-детектора с газовыми и жидкостными хроматографами.
37. Режим сканирования ионов по полному ионному току.
38. Селективный ионный мониторинг.
39. Качественный хромато-масс-спектрометрический анализ. Базы данных масс-спектров.
40. Количественный хромато-масс-спектрометрический анализ.
41. Сочетание масс-детектора с двумерной хроматографией.
42. Перспективы развития метода хромато-масс-спектрометрии.
43. Теоретические основы атомно-эмиссионного анализа. Понятие мультиплетности уровней. Правило отбора спектральных переходов. Принципиальная схема атомно-эмиссионного спектрального прибора.
44. Источники возбуждения спектров. Дуга переменного и постоянного тока. Высоковольтная искра. Полый катод. Индуктивно-связанная плазма. Приемники излучения.
45. Связь спектральных характеристик элемента с его положением в Периодической системе. Линейчатые и сплошные спектры. Причины уширения спектральных линий.
46. Интенсивность спектральной линии и его связь с природой атома и параметрами эксперимента. Явление самопоглощения. Уравнение Шейбе-Ломакина. Химические помехи в атомно[1]эмиссионной спектрометрии. Атомно-флуоресцентный метод.
47. Физические основы атомно-флуоресцентного метода. Методы атомизации в атомно-флуоресцентном методе: пламенные и электротермические. Источники возбуждающего излучения: ксеноновая лампа, ртутная лампа, лазеры с перестраиваемой длиной волны.
48. Понятие о резонансной атомной флуоресценции. Влияние интенсивности возбуждающего излучения на предельные возможности атомно-флуоресцентного метода. Причины высокой разрешающей способности метода.
49. Рассеяния излучения источника возбуждения - основной фактор, влияющий на чувствительность метода. Использование нерезонансной флуоресценции.
50. Атомно-абсорбционный метод анализа. Теоретические основы метода. Принципиальная схема атомно-абсорбционного спектрального прибора. Источники света. Лампа полого катода. Источники сплошного спектра.
51. Способы атомизации в атомно-абсорбции. Пламенная атомизация. Электротермическая атомизация. Графитовый электротермический атомизатор Львова. Неселективное поглощение, его учет и устранение.
52. Влияние ионизации атомов на предельные возможности метода. Буферирование. Помехи: химические и физические. Гидридный вариант атомно-абсорбционного анализа.

53. Законы светопоглощения. Светопропускание (прозрачность). Оптическая плотность. Правило аддитивности оптической плотности.

54. Молярный коэффициент светопоглощения, его физический смысл, диапазон принимаемых значений. Размерность. Кажущееся значение молярного коэффициента светопоглощения, его расчет.

55. Виды и причины отклонений от закона Бугера-Ламберта-Бера. Отрицательные и положительные отклонения. Кажущиеся причины: недостаточная монохроматичность излучения, рассеянный свет, флуоресценция, химические отклонения. Истинные (физические) причины отклонения.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Классификация и основные характеристики инструментальных методов анализа. Критерии выбора метода анализа для решения конкретной аналитической задачи.

2. Современные методы химического анализа. Классификация и основные характеристики современных инструментальных методов анализа. Критерии выбора метода анализа для решения конкретной аналитической задачи.

3. Классификация электрохимических методов анализа, их значение в народном хозяйстве.

4. Хромато-масс-спектрометрия. Преимущества масс-спектрометрического детектора.

5. Особенности и преимущества высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Два варианта адсорбционной ВЭЖХ - нормально-фазовый и обращенно-фазовый.

6. Сорбенты, и подвижные фазы, используемые в ВЭЖХ. Требования, предъявляемые к ним

7. Ионная хроматография. Отличие ионной хроматографии от ионообменной. Виды ионитов. Полная и динамическая обменная емкость.

8. Планарная (тонкослойная) хроматография.

9. Кислотно-основное потенциометрическое титрование. Закономерности и возможности.

10. Характеристики детекторов, определяющие их выбор. Виды детекторов: интегральные и дифференциальные; ионизационные и неионизационные.

11. Детекторы в газовой хроматографии.

12. Типы колонок, используемые в хроматографии. Сравните их между собой.

13. Основные детекторы, которые используют в ВЭЖХ. Принцип работы и возможности применения.

14. Физико-химические основы кулонометрии. Аналитические возможности и применение метода.

15. Что является аналитическим сигналом (измеряемым свойством системы) и связь этой величины с концентрацией определяемого вещества в каждом конкретном случае (потенциометрия, кондуктометрия, вольтамперометрия).

16. Охарактеризуйте каждый из приведенных методов (ионометрия, кулонометрия, кондуктометрия, вольтамперометрия) по селективности, чувствительности, точности определения и пределу обнаружения.
17. Сравните аналитические характеристики и эффективность разделения на капиллярных, насадочных и поликапиллярных колонках.
18. Возможности применения метода хромато-масс-спектрометрии.
19. Способы качественного анализа в хроматографии.
20. Способы количественного анализа в хроматографии.
21. Селективность. Разрешение хроматографических пиков. Оптимизация условий хроматографического разделения.
22. Химическая ионизация.
23. Ионизация лазерной десорбцией при содействии матрицы (MALDI).
24. Ионизация метастабильными ионами на поверхности (DART).
25. Определение элементного состава на основании изотопных линий.
26. Закономерности формирования масс-спектров алканов, алкенов, диенов, алкинов.
27. Закономерности формирования масс-спектров аренов, галогенпроизводных углеводородов.
28. Закономерности формирования масс-спектров карбоновых кислот и сложных эфиров.
29. Квадрупольные масс-анализаторы.
30. Детекторы ионов в масс-спектрометрии.
31. Особенности выбора подвижной фазы и хроматографических колонок в хромато-масс-спектрометрии.
32. Использование изотопов в методе внутреннего стандарта.
33. Предел обнаружения метода хромато-масс-спектрометрии.
34. Сравнение возможностей масс-детектора с другими детекторами, используемыми в газовой и жидкостной хроматографии.
35. Практическое применение хромато-масс-спектрометрии.
36. Предельные возможности атомно-абсорбционного метода анализа.
37. Электромагнитное излучение и его основные характеристики: длина волны, частота, волновое число, энергия. Связь между ними. Основные области спектра электромагнитного излучения.

38. Происхождение спектров поглощения. Энергетическая диаграмма. Поглощение кванта и релаксация молекулы. Связь спектра поглощения со строением молекулы. Хромофоры и ауксохромы.
39. Способы определения концентраций в фотометрии: по известному значению молярного коэффициента светопоглощения, по оптической плотности стандартного раствора, способ градуировочного графика, способ добавок. Виды градуировочных графиков. Достоинства и недостатки.
40. Способы определения концентраций в фотометрии: фотометрическое титрование. Достоинства и недостатки.
41. Анализ многокомпонентных систем при помощи спектрофотометра. Варианты определения компонентов смеси двух и более веществ.
42. Метрологические характеристики фотометрического анализа: правильность, воспроизводимость, чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний.
43. Дифференциальный спектрофотометрический метод. Варианты. Решаемые задачи. Способ двусторонней дифференциальной спектрофотометрии, нахождение концентрации по градуировочному графику и аналитически.
44. Экстракционно-фотометрический анализ. Сущность метода, решаемые задачи. Варианты анализа.
45. Кинетический вариант спектрофотометрического анализа. Сущность метода, возможности, особенности. Индикаторная реакция и индикаторное вещество. Варианты кинетического анализа.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Основная литература:

1. Мосягин П. В. Газохроматографическое определение органических токсикантов в воде : электронное учебно-методическое пособие / Мосягин П. В., Крылов В. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. - 64 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Химия., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729773&idb=0>.
2. Ищенко А. А. Масс-спектрометрия : учебное пособие / Ищенко А. А., Гречников А. А., Перов А. А. - Москва : РТУ МИРЭА, 2021. - 80 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Химия., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=801384&idb=0>.

3. Гришин Иван Дмитриевич. Вре́мяпролетная масс-спектрометрия с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией для анализа высокомолекулярных и металлоорганических соединений : учебно-методическое пособие / И. Д. Гришин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2014. - 49 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850402&idb=0>.
4. Гриненк Е. В. Инструментальные методы анализа органических соединений. Масс-спектрометрия : учебное пособие для студентов направлений подготовки 18.03.01 «химическая технология», 18.03.02 «энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» / Гриненк Е. В., Васильев А. В. - Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2017. - 60 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СПбГЛТУ - Химия. - ISBN 978-5-9239-0987-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=717848&idb=0>.
5. Краснокутская Е. А. ЯМР-спектроскопия, масс-спектрометрия. Ч. II. ЯМР-спектроскопия, масс-спектрометрия / Краснокутская Е. А., Филимонов В. Д. - Томск : ТПУ, 2013. - 88 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ТПУ - Химия., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=712945&idb=0>.
6. 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.
7. Кристиан Гэри. Аналитическая химия = Analytical Chemistry : [пер. с англ.] : в 2 т. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2011-. - (Лучший зарубежный учебник). Аналитическая химия . Т. 1 / пер. с англ. А. В. Гармаша, Н. В. Колычевой, Г. В. Прохоровой ; вступ. ст. Ю. А. Золотова. - М., 2011. - 623 с. : ил. - ISBN 978-5-94774-390-6 (т. 1) : 364.00., 4 экз.
8. Кристиан Гэри. Аналитическая химия = Analytical Chemistry : [пер. с англ.] : в 2 т. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2011-. - (Лучший зарубежный учебник). Аналитическая химия : в 2 т. Т. 2 / пер. с англ. А. В. Гармаша [и др.]. - М., 2011. - 504 с. : ил. - ISBN 978-5-94774-391-3 (т. 2) : 362.89., 4 экз.

Дополнительная литература:

1. Лебедев Альберт Тарасович. Масс-спектрометрия в органической химии. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Техносфера, 2015. - 704 с. - (Мир химии). - ISBN 978-5-94836-409-4 : 500.00., 1 экз.
2. 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.
3. Александрова Э. А. Аналитическая химия в 2 книгах. Книга 2. Физико-химические методы анализа : учебник и практикум / Э. А. Александрова, Н. Г. Гайдукова. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 344 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-10946-7. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=844369&idb=0>.
4. Электроаналитические методы = Electroanalytical Methods : теория и практика / ред. Ф. Шольц ; пер. с англ. В. Н. Майстренко. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2006. - 326 с. : ил. - (Методы в химии). - ISBN 5-94774-257-8 (русск.) : 59.00., 2 экз.
5. Будников Герман Константинович. Основы современного электрохимического анализа : учеб. пособие для вузов, обучающихся по специальности "Химия". - М. : Мир : Бином. Лаборатория знаний, 2003. - 592 с. : ил. - (Методы в химии). - ISBN 5-03-003471-4 (Мир). - ISBN 5-94774-039-7(Бином ЛЗ) : 130.00., 1 экз.

6. Будников Герман Константинович. Основы современного электрохимического анализа : учеб. пособие для вузов, обучающихся по специальности "Химия". - М. : Мир : Бином. Лаборатория знаний, 2003. - 592 с. : ил. - (Методы в химии). - ISBN 5-03-003471-4 (Мир). - ISBN 5-94774-039-7(Бином ЛЗ) : 130.00., 1 экз.

7. Аналитическая химия. Аналитика 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / Харитонов Ю.Я. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=641009&idb=0>.

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

Электронная база данных масс-спектров NIST-2017

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: - хромато-масс-спектрометры ThermoScientific Focus DSQ II и Shimadzu GCMS-QP2020; - газовые хроматографы Хромос ГХ-1000

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 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Мосягин Павел Валерьевич, кандидат химических наук.

Заведующий кафедрой: Князев Александр Владимирович, доктор химических наук.

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