

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Лельчицкий Игорь Давыдович
Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности
Дата подписания: 10.07.2026 12:48:19
Уникальный программный ключ:
aa5b5ee17d97a2e4d94e98e995320af94f043ce2

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ООП
Феофанова М.А.

"28" мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

Аналитическая химия

Закреплена за кафедрой:	Неорганической и аналитической химии
Направление подготовки:	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Направленность (профиль):	Экспертная и медицинская химия: теория и практика.
Квалификация:	Химик. Преподаватель химии
Форма обучения:	очная
Семестр:	3,4

Программу составил(и):

канд. хим. наук, доц., Феофанова Мариана Александровна

Тверь, 2026

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Приобретение профессиональных знаний в области аналитической химии

Задачи:

1. Изучение теоретических основ аналитической химии (существа реакций и процессов);
2. Овладение основными методами и приемами качественного и количественного анализа;
3. Овладение методологией выбора метода анализа и направление их применения

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Физика

Математика

Русский язык и культура речи

Неорганическая химия

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Органическая химия

Физическая химия

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	18 ЗЕТ
Часов по учебному плану	648
в том числе:	
аудиторные занятия	351
самостоятельная работа	63
часов на контроль	54

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.2: Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии

ОПК-2.1: Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности

ОПК-2.3: Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе

ОПК-6.1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	3, 4
курсовые работы	4

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Введение в аналитическую химию. Теоретические основы					
1.1	Введение в аналитическую химию. Теоретические основы	Лек	3	2	Л1.3 Э1	
1.2	Введение в аналитическую химию. Теоретические основы	Лаб	3	12	Э1	
1.3	Введение в аналитическую химию. Теоретические основы	Ср	3	6	Э1	
	Раздел 2. Кислотно-основные равновесия. Расчет pH в гомогенных системах					
2.1	Кислотно-основные равновесия. Расчет pH в гомогенных системах	Лек	3	3	Л1.1 Э1	
2.2	Кислотно-основные равновесия. Расчет pH в гомогенных системах	Лаб	3	20	Э1	
2.3	Кислотно-основные равновесия. Расчет pH в гомогенных системах	Ср	3	7	Э1	
	Раздел 3. Реакции комплексообразования					
3.1	Реакции комплексообразования	Лек	3	2	Л1.3 Э1	
3.2	Реакции комплексообразования	Лаб	3	20	Э1	
	Раздел 4. Окислительно-восстановительные реакции					
4.1	Окислительно-восстановительные реакции	Лек	3	2	Л1.3 Э1	
4.2	Окислительно-восстановительные реакции	Лаб	3	20	Э1	
	Раздел 5. Процессы осаждения и соосаждения					
5.1	Процессы осаждения и соосаждения	Лек	3	2	Л1.3 Э1	
5.2	Процессы осаждения и соосаждения	Лаб	3	16	Э1	
5.3	Процессы осаждения и соосаждения	Ср	3	3	Э1	
	Раздел 6. Методы выделения, разделения и концентрирования					

6.1	Методы выделения, разделения и концентрирования	Лек	3	1	Л1.3Л2.4 Э1	
6.2	Методы выделения, разделения и концентрирования	Лаб	3	10	Э1	
6.3	Методы выделения, разделения и концентрирования	Ср	3	8	Э1	
	Раздел 7. Хроматографические методы анализа					
7.1	Хроматографические методы анализа	Лек	3	1	Л1.10Л2.1 Э1	
7.2	Хроматографические методы анализа	Лаб	3	20	Э1	
7.3	Хроматографические методы анализа	Ср	3	10	Э1	
	Раздел 8. Гравиметрические методы анализа					
8.1	Гравиметрические методы анализа	Лек	3	2	Л1.3Л2.5 Э1	
8.2	Гравиметрические методы анализа	Лаб	3	8	Л1.4 Э1	
8.3	Гравиметрические методы анализа	Ср	3	10	Э1	
	Раздел 9. Титриметрические методы анализа					
9.1	Титриметрические методы анализа	Лек	3	2	Л1.3 Э1	
9.2	Титриметрические методы анализа	Лаб	3	10	Л1.8 Э1	
9.3	Титриметрические методы анализа	Ср	3	10	Э1	
	Раздел 10. Контроль					
10.1	Контроль	Экзамен	3	27	Э1	
	Раздел 11. Кисотно-основное титрование					
11.1	Кисотно-основное титрование	Лек	4	4	Л1.3Л2.5 Э1	
11.2	Кисотно-основное титрование	Лаб	4	30	Л1.8 Э1	
11.3	Кисотно-основное титрование	Ср	4	3	Э1	
	Раздел 12. Окислительно-восстановительное титрование					
12.1	Окислительно-восстановительное титрование	Лек	4	2	Л1.2Л2.3 Э1	
12.2	Окислительно-восстановительное титрование	Лаб	4	18	Э1	

	Раздел 13. Комплексонометрическое титрование					
13.1	Комплексонометрическое титрование	Лек	4	2	Л1.3Л2.5 Э1	
13.2	Комплексонометрическое титрование	Лаб	4	16	Л1.8 Э1	
	Раздел 14. Осадительное титрование					
14.1	Осадительное титрование	Лек	4	2	Л1.3Л2.3 Л2.5 Э1	
14.2	Осадительное титрование	Лаб	4	16	Э1	
	Раздел 15. Физико-химические методы анализа					
15.1	Физико-химические методы анализа	Лек	4	2	Л1.5 Л1.6Л2.2 Э1	
15.2	Физико-химические методы анализа	Ср	4	2	Л1.5 Л1.6 Э1	
	Раздел 16. Спектроскопические методы анализа					
16.1	Спектроскопические методы анализа	Лек	4	3	Л1.5 Л1.6 Э1	
16.2	Спектроскопические методы анализа	Лаб	4	50	Л1.9Л2.2 Э1	
16.3	Спектроскопические методы анализа	Ср	4	2	Э1	
	Раздел 17. Электрохимические методы анализа					
17.1	Электрохимические методы анализа	Лек	4	3	Л1.5 Л1.6Л2.2 Э1	
17.2	Электрохимические методы анализа	Лаб	4	50	Л1.7Л2.2 Э1	
17.3	Электрохимические методы анализа	Ср	4	2	Э1	
	Раздел 18. Контроль					
18.1	Контроль	Экзамен	4	27	Э1	

Список образовательных технологий

1	Проектная технология
2	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)

3	Информационные (цифровые) технологии
4	Технологии развития критического мышления

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Оценочные материалы для проведения текущей аттестации приведены в приложении 2.

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации приведены в приложении 2.

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Требования к рейтинг-контролю приведены в приложении 2

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
ЛП.1	Борисов, Тихомирова, Аналитическая химия для педагогов. Расчеты в количественном анализе, Москва: Юрайт, 2021, ISBN: 978-5-534-09281-3, URL: https://urait.ru/bcode/469598
ЛП.10	Пашкова Е. В., Волосова Е. В., Шипуля А. Н., Безгина Ю. А., Глазунова Н. Н., Хроматографические методы анализа, Ставрополь: СтГАУ, 2017, ISBN: , URL: https://e.lanbook.com/book/107233
ЛП.2	Подкорытов, Неудачина, Штин, Аналитическая химия. Окислительно-восстановительное титрование, Москва: Юрайт, 2021, ISBN: 978-5-9916-9944-0, URL: https://urait.ru/bcode/472234
ЛП.3	Апарнев, Лупенко, Александрова, Казакова, Аналитическая химия, Москва: Юрайт, 2021, ISBN: 978-5-534-07837-4, URL: https://urait.ru/bcode/472049
ЛП.4	Баранова, Рясенский, Меофанова, Количественный анализ. Метод гравиметрического анализа, Тверь: Тверской государственный университет, 2011, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/1000189ogl.pdf
ЛП.5	Алов, Василенко, Гольдштрах, Ищенко, Аналитическая химия и физико-химические методы анализа, Москва: Академия, 2012, ISBN: 978-5-7695-9146-4 (т. 2), URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/994002ogl.pdf
ЛП.6	Глубоков, Головачева, Ефимова, Ищенко, Аналитическая химия и физико-химические методы анализа, Москва: Академия, 2012, ISBN: 978-5-7695-9144-0 (т. 1), URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/994027ogl.pdf
ЛП.7	Мухидова З. Ш., Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Лабораторные занятия, Санкт-Петербург: Лань, 2024, ISBN: 978-5-507-48303-7, URL: https://e.lanbook.com/book/380579
ЛП.8	Волосова Е. В., Шипуля А. Н., Пашкова Е. В., Безгина Ю. А., Глазунова Н. Н., Аналитическая химия: лабораторный практикум, Ставрополь: СтГАУ, 2022, ISBN: , URL: https://e.lanbook.com/book/323417

Л1.9	Васильева В. И., Стоянова О. Ф., Шкутина И. В., Карпов С. И., Спектральные методы анализа. Практическое руководство, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-1638-7, URL: https://e.lanbook.com/book/211631
------	--

9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Александрова, Гайдукова, Аналитическая химия в 2 книгах. Книга 1. Химические методы анализа, Москва: Юрайт, 2020, ISBN: 978-5-534-09354-4, URL: https://urait.ru/bcode/450432
Л2.2	Никитина, Борисов, Хаханина, Аналитическая химия и физико-химические методы анализа, Москва: Юрайт, 2020, ISBN: 978-5-534-00427-4, URL: https://urait.ru/bcode/449690
Л2.3	Гребе, Пантелеев В. П., Практическое руководство к количественному анализу, Москва: И. Н. Холчев и К, 1906, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/153255ogl.pdf
Л2.4	Ганеев А. А., Зенкевич И. Г., Карцова Л. А., Москвин Л. Н., Родинков О. В., Под р. п., Аналитическая химия. Методы разделения веществ и гибридные методы анализа, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-9137-7, URL: https://e.lanbook.com/book/187643
Л2.5	Шрайбман Г. Н., Халфина П. Д., Булгакова О. Н., Иванова Н. В., Решение задач по аналитической химии, Кемерово: КемГУ, 2015, ISBN: 978-5-8353-1821-6, URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=69992

9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000. - URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 09.07.2019). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. - Текст: электронный: http://elibrary.ru/
----	--

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Google Chrome
2	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
3	OpenOffice
4	WinDjView
5	Foxit Reader

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «Лань»
2	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
3	ЭБС BOOK.ru
4	ЭБС ТвГУ
5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
6	Репозиторий ТвГУ

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
---------	--------------

3-314	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проекторы, экран, мышь, усилитель, радиосистема, микшер, микрофон, шкаф
3-404	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, аквадистиллятор, весы, ИК Фурье спектрометр, компьютер, фотоколориметр КФК-2, электропечи

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические материалы и указания приведены в приложении 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Программа для самоконтроля и контроля преподавателем результативности изучения дисциплины.
2. Примерная тематика по выполнению курсовых работ
3. Методические материалы для подготовки к экзамену.

1. Программа для самоконтроля и контроля преподавателем результативности изучения дисциплины

Программы коллоквиумов.

I коллоквиум. *Равновесие в гомогенных системах. Кисотно-основное равновесие. Кислотно-основное титрование.*

Константы равновесия реакций и процессов. Ионное состояние вещества в идеальных и реальных системах. Структура растворителей и раствора. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая-Хюккеля. Термодинамическая константа равновесия. Активность и коэффициент активности. Концентрационные константы. Общая и равновесная концентрация. Условные константы.

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

Кислотно-основное равновесие в многокомпонентных системах. Буферные растворы и их свойства. Буферная ёмкость. Вычисление рН растворов одно- и многоосновных кислот и оснований, смесей кислот и оснований. Графическое описание кислотно-основного равновесия (распределительные и концентрационно-логарифмические диаграммы).

Титриметрические методы. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Прямое, обратное и косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент. Молярная масса эквивалента. Первичные стандартные растворы, требования к ним. Фиксаналы. Вторичные стандартные растворы. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования.

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

Практическое применение. Первичные стандартные растворы для установления концентрации растворов кислот и оснований. Приготовление и стандартизация растворов соляной кислоты и гидроксида натрия. Титрование кислот, оснований, смесей кислот и смесей оснований. Анализ смесей карбоната и гидрокарбоната натрия, карбоната и гидроксида натрия. Определение азота по методу Кьельдаля и солей аммония прямым и косвенным методами. Определение нитратов и нитритов.

II коллоквиум. *Равновесия реакций комплексообразования и окисления-восстановления. Комплексонометрическое и окислительно-восстановительное титрование.*

Комплексообразование. Основные признаки комплексных соединений. Координационное число. Дентатность. Классификация комплексных соединений по характеру взаимодействия металл-лиганд, по однородности лиганда и комплексообразователя: внутрисферные и внешнесферные, однороднолигандные и смешаннолигандные, полиядерные комплексы. Хелаты, внутрикомплексные соединения. Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть.

Ступенчатое комплексообразование. Количественные характеристики реакций образования комплексных соединений: константы устойчивости (ступенчатые и общие), функция и степень образования. Скорость реакций комплексообразования. Факторы, влияющие на устойчивость комплексов. Хелатный эффект.

Органические реагенты. Функционально-аналитические группы. Влияние структуры органических реагентов на их свойства. Роль различных функциональных групп. Теория аналогий взаимодействия ионов металлов с неорганическими и органическими реагентами. Важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе.

Аналитически важные свойства комплексных соединений. Влияние комплексообразования на кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений, растворимость, стабилизацию различных степеней окисления элементов. Возможности использования комплексных соединений в различных методах анализа.

Окислительно-восстановительные реакции. Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Влияние электростатических и химических взаимодействий на потенциал: ионной силы, pH, образования комплексных и малорастворимых соединений. Константы равновесия и направление окислительно-восстановительного процесса. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Понятие о смешанном потенциале. Механизмы окислительно-восстановительных реакций. Основные окислители и восстановители, применяемые в анализе.

Комплексометрическое титрование. Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Прямое, обратное, вытеснительное и косвенное титрование. Селективность титрования и способы её повышения. Погрешность титрования.

Практическое применение. Определение кальция, магния, железа, алюминия, меди, цинка в растворах чистых солей и при совместном присутствии. Определение анионов.

Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования: концентрация ионов водорода, комплексообразование, ионная сила. Способы определения конечной точки титрования. Индикаторы. Погрешность титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования.

Перманганатометрия. Определение железа (II), марганца (II), оксалатов, пероксида водорода, нитритов.

Иодометрия и иодиметрия. Система иод-иодид как окислитель или восстановитель. Определение арсенитов, арсенатов, железа (III), меди (II), галогенид-ионов, пероксидов, кислот. Определение воды и функциональных групп органических соединений.

Бихроматометрия. Определение железа (II), урана (IV).

Броматометрия, цериметрия, ванадатометрия, титанометрия, хромометрия. Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы. Определение неорганических и органических соединений.

Скорость реакций в химическом анализе. Быстрые и медленные реакции. Факторы, влияющие на скорость реакций. Катализаторы, ингибиторы. Автокаталитические реакции. Индуцированные и сопряжённые реакции. Индукционный фактор. Примеры ускорения и замедления реакций и процессов, используемых в химическом анализе.

III коллоквиум. Равновесие в системе осадок – раствор. Гравиметрический метод. Методы разделения и концентрирования: осаждение и экстракция.

Равновесие в системе осадок – раствор. Произведение растворимости. Правило произведения растворимости. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость: температура, ионная сила, одноимённый ион, конкурирующие реакции, структура и размер частиц.

Гравиметрический метод. Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Образование и свойства коллоидных частиц. Кристаллические и аморфные осадки. Зависимость структуры осадка от его индивидуальных свойств (растворимости, полярности молекул) и условий осаждения (концентрации осаждаемого иона и осадителя, солевого состава раствора и pH, температуры). Зависимость формы осадка от скорости образования первичных частиц, их роста. 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 и др.). Способы уменьшения соосаждения. Положительное и отрицательное значения явления соосаждения в анализе. Погрешности в гравиметрическом анализе. Изменения состава осадка при высушивании и прокаливании.

Практическое применение. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадители. Определение железа, алюминия, кальция, магния, никеля, кобальта, цинка. Определение серы, фосфора, кремния и хлора в органических и неорганических соединениях.

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

Осаждение. Применение неорганических и органических реагентов для осаждения. Способы разделения путём варьирования pH, образования комплексных соединений и применения окислительно-восстановительных реакций. Групповые реагенты и предъявляемые к ним требования. Характеристики малорастворимых соединений, наиболее часто используемых в анализе. Концентрирование микроэлементов соосаждением на неорганических и органических коллекторах.

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

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

IV коллоквиум. Спектроскопические методы анализа.

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

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

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

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

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

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

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

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

V коллоквиум. Электрохимические методы анализа.

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

Поляризационные кривые и их использование в различных электрохимических методах.

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

Примеры практического применения ионометрии. Определение pH, ионов щелочных металлов, галогенид-ионов.

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

Примеры практического применения. Титрование фосфорной, смесей соляной и борной, соляной и уксусной кислот в водно-органических средах. Определение иодидов и хлоридов при совместном присутствии. Использование окислительно-восстановительного титрования для определения ионов металлов разных степеней окисления.

Вольтамперометрия. Сущность метода. Классификация вольтамперометрических методов. Индикаторные электроды. Преимущества и недостатки ртутного электрода. Применение твердых электродов. Характеристики вольтамперной кривой. Емкостный, миграционный, диффузионный токи. Предельный диффузионный ток.

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

Примеры практического применения вольтамперометрических методов и ампериметрического титрования. Регистрация и расшифровка полярограммы индивидуального депольризатора - иона металла. Регистрация полярографического спектра. Определение концентрации веществ методом градуировочного

графика и методом добавок с использованием классической, осциллографической, переменного тока вольтамперометрии. Амперометрическое титрование с одним электродом цинка и бихромата калия.

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

Примеры практического применения. Определение малых количеств кислоты и щелочи, тиосульфата натрия, ионов металлов-окислителей.

Сравнительная характеристика чувствительности и избирательности, областей применения электрохимических методов.

VI коллоквиум. Хроматографические методы анализа.

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

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

Жидкостная хроматография. Виды жидкостной хроматографии. Преимущества высокоэффективной жидкостной хроматографии. Схема жидкостного хроматографа. Детекторы, их чувствительность и селективность.

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

Ионообменная хроматография. Строение и физико-химические свойства ионообменников. Ионнообменное равновесие. Селективность ионного обмена и факторы, определяющие его. 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.

Планарная хроматография. Общие принципы разделения. Способы получения плоскостных хроматограмм (восходящей, нисходящей, круговой, двумерной). Реагенты для проявления хроматограмм. Бумажная хроматография. Механизмы разделения. Подвижные фазы. Преимущества и недостатки. Тонкослойная хроматография. Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы. Области применения.

Текущий контроль

Перечень лабораторных работ

№	Наименование темы	Наименование лабораторных работ
---	-------------------	---------------------------------

1	Качественный анализ	1. Качественные реакции на катионы I-II аналитических групп. Анализ смеси. 2. Качественные реакции на катионы III аналитической группы. Анализ смеси. 3. Анализ смеси катионов I-III аналитических групп. 4. Качественные реакции на катионы IV-V Анализ смеси. 5. Анализ смеси катионов I-V аналитических групп. 6. Качественные реакции на анионы. Анализ смеси. 7. Анализ индивидуального вещества.
2	Кислотно - основное титрование	1. Приготовление и стандартизация рабочих растворов 2. Задача: определение m_{HCl}. Задача: определение $m_{H_3PO_4}$ 3. Задача: определение m_{HCl} и $m_{H_3BO_3}$ при совместном присутствии 4. Определение m_{NaOH} и $m(Na_2CO_3)$ при совместном присутствии.
3	Осадительное и комплексонометрическое титрование	1. Аргентометрия. 2. Роданометрия 3. Комплексонометрия
4	Гравиметрический метод анализа	1. Определение Ba^{2+} в $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 2. Определение Fe^{3+} в $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$
5	Хроматографический метод анализа	1. Анализ смеси катионов
6	Окислительно-восстановительное титрование	1. Иодометрия 2. Перманганатометрия 3. Бихроматометрия

7	Физико-химические методы анализа Спектрофотометрия Ионометрия и потенциометрическое титрование.	1,2,3. Выбор оптимальных условий фотометрических определений. 4. Метод градуированного графика 5. Метод добавок 6. Определение нитрат-ионов 7. Определение хлорид-ионов 8. Определение ионов кобальта(II) 9,10. Кисотно-основное титрование
---	--	---

Примерная тематика по выполнению курсовых работ

1. Обзор журналов “Химия и жизнь”.
2. Основные этапы развития аналитической химии.
3. Содержание понятий “кислота” и “основание” в процессе развития химической науки.
4. Различные классификации растворителей. Неводные растворители.
5. Свойства воды как растворителя.
6. Буферные растворы и их значение.
7. Кислотно-основные индикаторы.
8. Окислительно-восстановительные индикаторы.
9. Кислотно-основное титрование в неводных средах.
10. Перманганатометрия.
11. Бихроматометрия.
12. Йодометрические методы анализа.
13. Применение окислительно-восстановительного титрования.
14. Общая характеристика современных физико-химических методов анализа.
15. Неорганические и органические осадители.
16. Применение комплексных соединений в химическом анализе.
17. Использование окислительно-восстановительных реакций в химическом анализе.
18. Качественный анализ: этапы развития.
19. Количественный анализ: этапы развития.
20. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури, достоинства и недостатки её.
21. Дальнейшее развитие теории Бренстеда-Лоури в работах Измайлова.
22. Химическая теория растворов Д. И. Менделеева.
23. Электрохимическое осаждение кобальта и его сплавов.
24. Органические соединения в качестве индикаторов: структура, строение, свойства, применение.
25. Настоящее и будущее биосенсоров.
26. Ионоселективные и полевые транзисторы в аналитике.
27. Ионоселективные электроды с откликом на сложные органические соединения.
28. Аналитические применения этилендиаминтетрауксусной кислоты и родственных соединений.
29. Хроматография как метод анализа. Виды хроматографии.
30. Математическая обработка результатов химического анализа.
31. Теоретические основы аналитической химии.
32. Современное представление о науке.
33. Определение pH. Теория и практика.
34. Химия – традиционная и нетрадиционная.
35. Применение ионоселективных мембранных электродов в анализе.
36. Методы анализа природных и промышленных объектов.
37. Новые титриметрические методы.
38. Кинетические методы в аналитической химии.
39. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.
40. Программированный контроль текущих знаний по аналитической химии.
41. Комплексообразование в аналитической химии.

Программа итогового экзамена

Аналитическая химия. Виды анализа. Стадии химического анализа. Основные характеристики методов анализа. Абсолютные и относительные методы. Выбор метода анализа. Способы повышения чувствительности и

избирательности методов. Автоматизация анализа.

Кисотно-основные реакции. Протолитическая теория кислот и оснований. Равновесие в системе: кислота – сопряжённое основание – растворитель. Константы кислотности, основности, автопротолиза. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя.

Реакции комплексообразования. Типы и свойства комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Количественная характеристика реакций комплексообразования: константа устойчивости. Ступенчатое Комплексообразование. Использование комплексных соединений для разделения, концентрирования, маскирования, обнаружения, определения элементов.

Органические реагенты в химическом анализе. Функционально-аналитические и аналитико-активные группы. Влияние строения молекулы на свойства реагента. Применение органических реагентов в анализе.

Окислительно-восстановительные реакции в аналитической химии. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы и их потенциалы. Уравнение Нернста. Стандартный и реальный окислительно-восстановительные потенциалы. Направление окислительно-восстановительных реакций.

Реакции осаждения в аналитической химии. Константы равновесия реакций осаждения. Растворимость осадков. Факторы, влияющие на растворимость. Образование осадков. Кристаллические и аморфные осадки, условия осаждения. Причины загрязнения осадков: совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение. Виды соосаждения. Приёмы, способствующие получению чистых осадков.

Методы разделения и концентрирования. Основы экстракции как метода разделения и концентрирования. Константа распределения, коэффициент распределения. Константа экстракции. Фактор разделения. Условия экстракции неорганических и органических соединений. Практическое применение экстракции.

Методы разделения элементов, основанные на осаждении неорганическими и органическими реагентами. Использование соосаждения для концентрирования микрокомпонентов. Неорганические и органические коллекторы.

Хроматографические методы. Принципы и классификация. Хроматограммы и способы их получения. Основные теоретические положения и характеристики методов. Газовая хроматография. Основные теоретические положения. Требования к стационарным и подвижным фазам. Примеры практического применения. Ионообменная хроматография. Высокоэффективная ионная хроматография. Принципы методов. Примеры практического применения. Бумажная и тонкослойная хроматография, их основные теоретические положения. Требования к стационарным и подвижным фазам. Примеры практического применения.

Гравиметрические методы. Сущность. Осаждаемая и гравиметрическая формы. Примеры практического применения.

Титриметрические методы. Способы установления конечной точки титрования.

Кисотно-основное титрование. Кривые титрования. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности метода кислотно-основного титрования. Титрование смесей кислот и оснований. Титрование в неводных средах.

Комплексонометрическое титрование. Преимущества аминополикарбоновых кислот перед другими органическими титрантами. Металлохромные индикаторы, требования к ним. Способы титрования (прямой, обратный, вытеснительный, косвенный). Практическое применение комплексонометрического титрования (определение ионов кальция, магния, железа).

Окислительно-восстановительное титрование. Факторы, влияющие на величину скачка потенциала, способы обнаружения конечной точки титрования. Перманганатометрическое, бихроматометрическое, иодометрическое титрование. Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы. Примеры практического применения.

Электрохимические методы. Природа аналитического сигнала. Классификация методов. Электрохимическая ячейка. Индикаторные электроды и электроды сравнения.

Потенциометрия. Равновесный потенциал. Способы измерения потенциала. Прямая потенциометрии. Индикаторные электроды. Классификация ионоселективных электродов. Характеристики ионоселективных электродов: электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Способы определения коэффициента селективности. Способы прямых потенциометрических измерений. Практическое применение ионометрии: определение pH, pF, pNO₃.

Потенциометрическое титрование. Общая характеристика метода. Способы нахождения конечной точки титрования. Индикаторные электроды в кислотно-основном, окислительно-восстановительном и осадительном титровании.

Кулонометрия. Законы Фарадея. Прямая кулонометрия. Условия потенциометрических измерений: достижение 100%-ного выхода по току; измерение количества электричества; определение конца электрохимической реакции.

Кулонометрическое титрование. Примеры определения электроактивных и электронеактивных веществ. Электрогенерированные кулонометрические титранты. Условия титрования: обеспечение 100%-ного выхода по току; измерение количества электричества; определение конца химической реакции. Преимущества перед другими титриметрическими методами.

Вольтамперометрия. Основы метода. Особенности электрохимической ячейки. Теоретические основы классической полярографии. Характеристики полярограммы. Потенциал полуволны. Диффузионный ток. Уравнение Ильковича. Практическое применение полярографии. Качественный анализ. Полярографический спектр. Количественный анализ. Способы определения концентрации вещества. Возможности и ограничения метода.

Амперометрическое титрование. Выбор условий амперометрического титрования. Виды кривых титрования. Примеры практического применения.

Спектроскопические методы. Важнейшие характеристики спектральных линий (положение, интенсивность, ширина). Атомные и молекулярные спектры. Взаимосвязь основных характеристик спектральных

линий с природой и количеством вещества (качественный и количественный анализ).

Спектрофотометрический метод. Основной закон поглощения электромагнитного излучения. Молярный коэффициент поглощения. Применение метода для определения концентрации веществ. Чувствительность и селективность метода. Выбор оптимальных условий проведения фотометрических реакций. Интервал определяемых оптических плотностей. Метод дифференциальной спектрофотометрии, его возможности и преимущества. Спектрофотометрические методы изучения равновесий в растворах. Определение констант кислотной диссоциации органических соединений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ			
5.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации			
Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации.			
<u>ОПК-1 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности</u>			
(код, наименование компетенции)			
Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
Задания закрытого типа			
1	Б	Какие катионы могут быть отделены осадением HCl? А Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} Б Pb^{2+} , Ag^{+} , Hg_2^{2+} В Mn^{2+} , Mg^{2+} , Cr^{3+} Г Zn^{2+} , Al^{3+} , Sn^{2+}	1 балл за правильный ответ
2	Г	Что будет являться весовой формой при гравиметрическом определении железа? А $\text{Fe}(\text{OH})_3$ Б FeSO_4 В FeCl_3 Г Fe_2O_3	1 балл за правильный ответ
3	В	Какой индикатор можно использовать при титровании уксусной кислоты гидроксидом натрия? А метиловый оранжевый (pT=4) Б метиловый красный (pT=5) В фенолфталеин (pT=9) Г бромкрезоловый зеленый (pT=4,5)	1 балл за правильный ответ
4	Г	10,00 мл водного раствора NaCl неизвестной концентрации титровали 0,1000 М AgNO_3 в присутствии флуоресцеина. Как называют данный способ титрования? А косвенное титрование, Б заместительное титрование, В обратное титрование, Г прямое титрование,	1 балл за правильный ответ
5	Б	Сколько скачков титрования на кривой титрования 0,1 М H_3PO_4 раствором 0,1 М NaOH? А один; Б два ; В четыре; Г три	
6	Качественными называются реакции, позволяющие идентифицировать в	Что является качественной реакцией в аналитической химии?	

	исследуемом объекте определенные атомы, молекулы, функциональные группы и т. д. по по внешним проявлениям, которые сопровождают реакцию: выделение газа, изменение цвета раствора, образование осадка, появление специфического запаха и др.			
7	Фактор эквивалентности ($f_{\text{экв}}$) – это число, которое обозначает, какая доля реальной частицы (иона или молекулы) эквивалентна: одному протону в кислотно-основной реакции; одному электрону в окислительно-восстановительной реакции; одной единице заряда в конкретной реакции обмена.	Дайте определение фактору эквивалентности.		
8	Гравиметрическим анализом называют метод количественного химического анализа, основанный на точном измерении массы определяемого вещества или его составных частей, выделяемых в виде соединений точно известного постоянного состава.	Определение гравиметрического метода анализа.		
9	Спектрофотометрия – метод физико-химического исследования и анализа, основанный на измерении спектров поглощения в оптической области электромагнитного излучения.	Определение спектрофотометрического метода анализа.		
10	Потенциометрия - это ряд методов анализа и определения физико-химических характеристик электролитов и химических реакций, основанных на измерении электродных потенциалов и электродвижущих сил гальванического элемента.	Определение потенциометрии		
Задания открытого типа				
1	Как разделить смесь катионов: Ag^+ , Ba^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+}	3 балла		

Правильный ответ (ключ): 1. Добавляем к раствору 2М раствор HCl: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$ белый творожистый осадок 2. Отделив осадок, добавляем к раствору 2М раствор H_2SO_4 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$ белый кристаллический осадок 3. После отделения сульфата бария к раствору добавляем избыток гидроксида аммония $\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$ белый студенистый осадок $\text{Zn}^{2+} + 2\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$ $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ раствор комплексной соли		1 балл	
2	Выпадет ли осадок хлорида серебра, если к 10 мл 0,1 М раствора нитрата серебра прибавить 20 мл 0,1 М раствора хлорида натрия?	3 балла	
Правильный ответ (ключ): 1. Найдем концентрации растворенных веществ после смешивания: $C(\text{AgNO}_3) = \frac{C(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)}{V(\text{AgNO}_3) + V(\text{NaCl})} = \frac{0,1 \cdot 10}{10 + 20} = 0,0333 \text{ моль/л}$ $C(\text{NaCl}) = \frac{C(\text{NaCl}) \cdot V(\text{NaCl})}{V(\text{AgNO}_3) + V(\text{NaCl})} = \frac{0,1 \cdot 20}{10 + 20} = 0,0667 \text{ моль/л}$ Отсюда $C(\text{Ag}^+) = C(\text{NO}_3^-) = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л},$ $C(\text{Na}^+) = C(\text{Cl}^-) = 6,67 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}.$ 2. Вычислим ионную силу раствора: $I = 0,5 \cdot (0,0333 \cdot 1^2 + 0,0333 \cdot 1^2 + 0,0667 \cdot 1^2 + 0,0667 \cdot 1^2) = 0,1.$ Определим коэффициенты активности ионов Ag^+ и Cl^- при $I = 0,1$ $f_{\text{Ag}^+} = 0,81, f_{\text{Cl}^-} = 0,81.$ 3. Найдем произведение активностей ионов Ag^+ и Cl^- $0,0333 \cdot 0,81 \cdot 0,0667 \cdot 0,81 = 1,157 \cdot 10^{-3}$ Так как произведение активностей ионов больше величины $\text{ПР}_{(\text{AgCl})} = 1,78 \cdot 10^{-10}$, следовательно, осадок выпадет. Ответ: осадок AgCl выпадает.		1 балл	
3	Определить pH раствора, полученного при смешивании 20 мл 0,15 М и 20 мл 0,3 М раствора ацетата натрия.	3 балла	
Правильный ответ (ключ): 1. Находим концентрацию уксусной кислоты и ацетата натрия после смешивания: $C(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,15 \cdot 20 / (20 + 20) = 0,075 \text{ моль/л}$ $C(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,3 \cdot 20 / (20 + 20) = 0,15 \text{ моль/л}$ 2. Рассчитываем концентрацию ионов водорода по формуле для буферного раствора, образованного слабой кислотой и ее солью. $[\text{H}^+] = K_{\text{к-ты}} \cdot C_{\text{к-ты}} / C_{\text{соли}} = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 0,075 / 0,15 = 8,75 \cdot 10^{-6}$ 3. $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 8,75 \cdot 10^{-6} = 5,06$ Ответ: pH = 5,06		1 балл	
4	Вычислите число молекул и массовую долю воды в молекуле кристаллогидрата хлорида магния, если из навески его 0,5013 г получили 0,2741 г $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.	3 балла	
Правильный ответ (ключ): 1. Определим молярную массу кристаллогидрата хлорида магния $m(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = m(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) \cdot 2M(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) / M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)$ $M(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = m(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) / 2m(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) =$ $0,5013 \cdot 222,553 / 2 \cdot 0,2741 = 203,51$ 2. Находим число молекул в кристаллогидрате $x = M(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) - M(\text{MgCl}_2) / M(\text{H}_2\text{O}) = 203,51 - 95,21 / 18 = 6,02$ 3. Находим массовую долю $W(\text{H}_2\text{O}) = 6 \cdot 18 / 203,51 = 0,53$ или 53% Ответ: 6 молекул, $W(\text{H}_2\text{O}) = 53\%$		1 балл	
5	Для стандартизации раствора HCl навеску 1,9024 г $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ растворили в мерной колбе вместимостью	3 балла	

	100,0 мл. На титрование аликвотной части ($V_A = 15,0$ мл) этого раствора пошло 13,1 мл раствора HCl. Вычислить молярную концентрацию и титр раствора		
Правильный ответ (ключ): 1. Из уравнения протекающей реакции нейтрализации $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaCl} + 4\text{H}_3\text{BO}_3$ следует, что фэкв. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 = 1/2$, поэтому молярная концентрация эквивалента тетрабората натрия будет $C_{(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} = m_{(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)} / M_{\text{ЭКВ}, (\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} \cdot V = 1.9024 / 190,69 \cdot 0,1 = 0,0098$ моль-эquiv/l 2. По закону эквивалентов рассчитаем молярную концентрацию эквивалента HCl $C_{(\text{HCl})} = 0,0098 \cdot 13,1 / 15 = 0,00872$ моль-эquiv/l фэкв _(HCl) = 1, поэтому молярная концентрация будет равна молярной концентрации эквивалента HCl 0,00872 моль/l 3. Титр рассчитывается по формуле: $T_{(\text{HCl})} = C_{(\text{HCl})} \cdot M_{\text{HCl}} / 1000 = 0,00872 \cdot 36,5 / 1000 = 0,000318$ г Ответ: $C_{(\text{HCl})} = 0,00872$ моль/l; $T_{(\text{HCl})} = 0,000318$ г		1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла	
6	Вычислить массовую долю Al ₂ O ₃ в силикате, если навеску 1,0220 г перевели в раствор, добавили 25,00 мл раствора трилона Б с концентрацией 0,1151 моль/л. На титрование избытка последнего пошло 9,83 мл 0,1015 моль/л раствора сульфата цинка	3 балла	
Правильный ответ (ключ): 1. Определение Al ₂ O ₃ проводится методом обратного титрования. В растворе протекают следующие реакции: $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{AlY}^- + 2\text{H}^+$ $\text{H}_2\text{Y}^{2-} + \text{Zn}^{2+} \rightarrow \text{ZnY}^{2-} + 2\text{H}^+$ 2. Количество моль-эквивалентов алюминия рассчитывается по разности между количеством моль-эквивалентов добавленного трилона Б и оставшегося после реакции. Поскольку реакция комплексообразования проходит один к одному, f экв. каждого реагента равен 1. Молярная концентрация и молярная концентрация эквивалента равны. $n_{(\text{Al}^{3+})} = C_{\text{тр}} \cdot V_{\text{тр}} - C_{\text{ZnSO}_4} \cdot V_{\text{ZnSO}_4}$ $n_{(\text{Al}^{3+})} = (0,1151 \cdot 25 - 0,1015 \cdot 9,83) \cdot 10^{-3} = (2,88 - 0,99) \cdot 10^{-3} = 1,89 \cdot 10^{-3}$ моль-эquiv = 0,00189 моль 3. Так как в одной молекуле содержится два иона алюминия, количество молей Al ₂ O ₃ будет в два раза меньше. $m_{(\text{Al}_2\text{O}_3)} = n_{(\text{Al}^{3+})} \cdot M_{(\text{Al}_2\text{O}_3)} / 2 = 0,00189 \cdot 102 / 2 = 0,0964$ г $w_{(\text{Al}_2\text{O}_3)} = 0,0964 / 1,0220 \cdot 100 = 9,62\%$ Ответ: 9,62%		1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла	
7	Вычислить ошибку титрования 0,15 М раствора гидроксида аммония 0,15 М раствором соляной кислоты в присутствии фенолфталеина (рТ= 9).	3 балла	
Правильный ответ (ключ): 1. Рассчитываем рН в точке эквивалентности. При полной нейтрализации гидроксида аммония в растворе будет находиться соль, образованная сильной кислотой и слабым основанием, которая будет подвергаться гидролизу. $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ Отсюда $\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{pK}_{(\text{NH}_4\text{OH})} - \frac{1}{2} \lg C_{(\text{NH}_4\text{Cl})}$ $C_{(\text{NH}_4\text{Cl})} = C_{(\text{NH}_4\text{OH})} \cdot V_{(\text{NH}_4\text{OH})} / V_{(\text{NH}_4\text{OH})} + V_{(\text{HCl})}$ $C_{(\text{NH}_4\text{Cl})} = C_{(\text{HCl})} \rightarrow V_{(\text{NH}_4\text{OH})} = V_{(\text{HCl})} \rightarrow$ $C_{(\text{NH}_4\text{Cl})} = C_{(\text{NH}_4\text{OH})} / 2 = 0,15 / 2 = 0,075$		1,5 балла	

$pH = 7 - 4,75/2 - \lg 0,075/2 = 5,75$ 2. Так как титрование будет закончено при $pH=9$, то гидроксид аммония будет недотитрован. Индикаторная ошибка будет определяться присутствием в растворе недотитрованного слабого основания. Т.е. необходимо рассчитать основную ошибку: $\Delta\%(MeOH) = - \frac{10^{pT+pK_b-14}}{10^{pT+pK_b-14} + 1} \cdot 100$ $\Delta\%(MeOH) = - \frac{10^{9+4,75-14}}{10^{9+4,75-14}+1} \cdot 100 = - 36\%$ Ответ: гидроксид аммония будет недотитрован на 36 %		1,5 балла																																																			
8	Смешали 60 г 6%-ного раствора серной кислоты с 100 мл 20 %-ного раствора серной кислоты. Каково процентное содержание и концентрация молярного эквивалента серной кислоты во вновь полученном растворе?	3 балла																																																			
Правильный ответ (ключ): 1. Переведем объем 20% раствора в граммы. В справочнике находим плотность 20% раствора серной кислоты. $\rho_{(20\% H_2SO_4)}=1,1394$ $m_{(20\% H_2SO_4)} = 1,1394 \cdot 100 = 113,94 \text{ г}$ 2. Рассчитываем новую % концентрацию $m_{(H_2SO_4)} = (60 \cdot 6 + 113,94 \cdot 20)/100 = 26,39 \text{ г}$ $m_{\text{нового раствора}} = 60+113,94 = 173,94 \text{ г}$ $w\%_{(H_2SO_4)} = 26,39 \cdot 100 / 173,94 = 15,17 \%$ 3. Определяем фактор эквивалентности серной кислоты. $f_{\text{экв.}} = 2 \quad M_{\text{экв.}} = 98/2 = 49$ Находим плотность 15% раствора. $\rho_{(15\% H_2SO_4)} = 1,1020$ Рассчитываем концентрацию моль-эквивалента $C = \frac{w \cdot \rho \cdot 10}{M_{\text{экв}}} = \frac{15,17 \cdot 1,1020 \cdot 10}{49} = 3,4 \text{ моль} - \text{экв/л}$ Ответ: $w=15,17\%$, $C=3,4 \text{ моль-экв/л}$		1 балл																																																			
		1 балл																																																			
		1 балл																																																			
		Итого: 3 балла																																																			
9	Навеску железосодержащей руды массой 0,3301 г растворили в кислоте без доступа воздуха, перенесли в мерную колбу вместимостью 200 мл и довели объем до метки. Аликвоту полученного раствора 10мл оттитровали потенциометрически 0,0500н раствором $KMnO_4$. По полученным результатам <table><tr><td>V, мл</td><td>2,5</td><td>2,6</td><td>2,7</td><td>2,8</td><td>2,85</td><td>2,9</td><td>3,0</td><td>3,1</td><td>3,2</td></tr><tr><td>E, мВ</td><td>585</td><td>570</td><td>550</td><td>530</td><td>410</td><td>180</td><td>165</td><td>155</td><td>145</td></tr></table> определить точку эквивалентности и рассчитать массовую долю железа в руде.	V, мл	2,5	2,6	2,7	2,8	2,85	2,9	3,0	3,1	3,2	E, мВ	585	570	550	530	410	180	165	155	145	3 балла																															
V, мл	2,5	2,6	2,7	2,8	2,85	2,9	3,0	3,1	3,2																																												
E, мВ	585	570	550	530	410	180	165	155	145																																												
Правильный ответ (ключ): 1. Для того, чтобы использовать закон эквивалентов для определения массы железа, необходимо узнать объём перманганата в точке эквивалентности. Преобразуем полученные данные. <table><tr><td>V, мл</td><td>2,5</td><td>2,6</td><td>2,7</td><td>2,8</td><td>2,85</td><td>2,9</td><td>3,0</td><td>3,1</td><td>3,2</td></tr><tr><td>ΔV</td><td>-</td><td>0,1</td><td>0,1</td><td>0,1</td><td>0,05</td><td>0,05</td><td>0,1</td><td>0,1</td><td>0,1</td></tr><tr><td>E, мВ</td><td>585</td><td>570</td><td>550</td><td>530</td><td>410</td><td>180</td><td>165</td><td>155</td><td>145</td></tr><tr><td>ΔE</td><td>-</td><td>15</td><td>20</td><td>20</td><td>120</td><td>230</td><td>15</td><td>10</td><td>10</td></tr><tr><td>$\Delta E/\Delta V$</td><td>-</td><td>1,5</td><td>2,0</td><td>2,0</td><td>2400</td><td>4600</td><td>1,5</td><td>1,0</td><td>1,0</td></tr></table> Даже без построения дифференциальной кривой видно, что максимум на ней соответствует объёму перманганата $V_{т.э.}=2,9 \text{ мл.}$ 2. Рассчитываем концентрацию и массу железа в исходном растворе $C_{(Fe^{2+})}=2,9 \cdot 0,05/10 = 0,0145 \text{ моль-экв/л}$ В протекающей при титровании реакции $MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ = Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$ фактор эквивалентности Fe (II) $f_{\text{экв.}} = 1$ и $M_{\text{экв.}} = 55,845$ $m_{(Fe^{2+})} = 0,0145 \cdot 55,845 \cdot 0,2 = 0,1620 \text{ г}$ 3. Количество железа в растворе соответствует количеству железа в навеске. Отсюда:		V, мл	2,5	2,6	2,7	2,8	2,85	2,9	3,0	3,1	3,2	ΔV	-	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	E, мВ	585	570	550	530	410	180	165	155	145	ΔE	-	15	20	20	120	230	15	10	10	$\Delta E/\Delta V$	-	1,5	2,0	2,0	2400	4600	1,5	1,0	1,0	1 балл	
V, мл	2,5	2,6	2,7	2,8	2,85	2,9	3,0	3,1	3,2																																												
ΔV	-	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1																																												
E, мВ	585	570	550	530	410	180	165	155	145																																												
ΔE	-	15	20	20	120	230	15	10	10																																												
$\Delta E/\Delta V$	-	1,5	2,0	2,0	2400	4600	1,5	1,0	1,0																																												
		1 балл																																																			
		1 балл																																																			

		определению калия при помощи этой реакции? А Co^{2+} Б Na^+ В NH_4^+	ответ	
6	Б	Чувствительность реакций определяется двумя основными критериями: А температурой и давлением, Б обнаруживаемым минимумом и минимальной концентрацией, В минимальной концентрацией и температурой.	1 балл правильный ответ	за
7	Г	Объектами исследования в аналитической химии являются: А атмосфера, почва и полезные ископаемые; Б растения и животные; В человек; Г всё вышеперечисленное выше.	1 балл правильный ответ	за
8	Б	К химическим методам анализа относится: А фотометрия; Б гравиметрия; В потенциометрия;	1 балл правильный ответ	за
9	А	В качестве первичных стандартных веществ используют соединения, обладающие следующими требованиями: А состав соединения строго соответствует формуле; Б соединение нерастворимо в воде; В соединение летуче; Г соединение термоустойчиво.	1 балл правильный ответ	за
10	Б	Как готовят раствор иода для иодометрического титрования? А растворяют навеску иода в воде. Б растворяют навеску иода в концентрированном растворе калия иодида и разбавляют водой; В используют этиловый спирт как растворитель	1 балл правильный ответ	за
Задания открытого типа				
1	Предложите схему разделения смеси, состоящей из K^+, Ag^+, Pb^{2+}			4 балла
Правильный ответ (ключ): 1. Отделение ионов серебра и свинца. Осаждаем ионы серебра и свинца добавлением к исследуемому раствору 2 М раствора HCl. Белые аморфные хлориды нерастворимы в воде и разбавленных растворах кислот. $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$ $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{PbCl}_2 \downarrow$ Следует избегать избытка большого избытка HCl вследствие образования растворимых хлоридных комплексов $\text{AgCl} \downarrow + \text{HCl} \rightarrow \text{H}[\text{AgCl}_2]$ $\text{PbCl}_2 + 2\text{HCl} = \text{H}_2[\text{PbCl}_4]$ 2. Отделение и определение свинца. Используя хорошую растворимость хлорида свинца в горячей воде, извлекаем свинец из осадка хлоридов. Проводим качественные реакции на свинец $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2 \downarrow$ осадок золотисто-жёлтого цвета $\text{Pb}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbCrO}_4 \downarrow$ желтый осадок 3. Отделение и определение серебра. Осадок хлорида серебра растворяем в аммиаке и проводим качественные реакции на ион серебра. $\text{AgCl} + 2\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$ При действии азотной кислоты аммиачный комплекс серебра разрушается и снова выпадает белый осадок хлорида серебра $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + 2\text{HNO}_3 = \text{AgCl} \downarrow + 2\text{NH}_4^+ + 2\text{NO}_3^-$ белый творожистый осадок Также комплекс можно разрушить действием иодида калия $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + \text{KI} = \text{AgI} \downarrow + 2\text{NH}_3 + \text{Cl}^- + \text{K}^+$ желтоватый осадок				1 балл 1 балл 1 балл

	4. Определение калия. В раствор после отделения ионов серебра и свинца добавляем ацетат натрия, чтобы создать слабокислую среду. Для определения калия с помощью кобальтинитрита натрия $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ раствор должен быть нейтральным или слабокислым. $2\text{K}^+ + 3\text{Na}^+ + [\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-} \rightarrow \text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \downarrow$ жёлтый кристаллический осадок Эти же условия подходят для качественной реакции иона калия с гидротартратом натрия (винной кислотой). $\text{K}^+ + \text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \rightarrow \text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \downarrow + \text{Na}^+$ белый мелкокристаллический осадок	1 балл Итого: 4 балла	
2	Определение сульфат-иона гравиметрическим методом. Изложить сущность метода анализа и рассчитать массовую долю сульфата в навеске сульфата натрия по полученным данным. $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,3051 \text{ г}; m(\text{BaSO}_4) = 0,4561 \text{ г}$	4 балла	
	Правильный ответ (ключ): 1. Сущность метода заключается в осаждении сульфат-ионов раствором BaCl_2 в виде BaSO_4. Во избежание осаждения других солей бария и получения крупнокристаллического осадка осаждение сульфат-ионов необходимо проводить из горячего подкисленного раствора. Содержание сульфат-иона определяют по массе прокаленного осадка. $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$ 2. Перед количественным определением сульфат-иона проводят качественную пробу на его наличие в водной вытяжке. Подкисляют 10 мл водной вытяжки 1—2 каплями 10%-го раствора HCl, прибавляют около 1 мл 10%-го раствора BaCl_2 и нагревают до кипения. Если раствор не мутнеет, SO_4^{2-} отсутствует; если помутнение слабое, содержатся «следы» SO_4^{2-}; если выпадает осадок, необходимо количественное определение. 3. Ход анализа. Берут пипеткой 10-50 мл водной вытяжки в химический стакан на 100 мл, подкисляют 1-2 мл 10%-го раствора HCl и нагревают до кипения. Осаждают сульфат-ионы горячим 10%-м раствором BaCl_2, прибавляя его по каплям из пипетки в количестве 1-5 мл и тщательно размешивая каждую каплю осадителя. Стакан закрывают часовым стеклом, кипятят 2-3 мин и оставляют на 2-3 ч в теплом месте. Осадок отфильтровывают через плотный фильтр, промывают его горячей водой, подкисленной 10% HCl, до исчезновения реакции на Ba (проба с 10% H_2SO_4). Осадок с фильтром подсушивают, помещают в предварительно прокаленный и взвешенный тигель и ставят в горячую муфельную печь для прокаливания при температуре не выше 600-700°C в течение 25-30 мин, до тех пор, пока осадок не станет белым. Затем тигель охлаждают в эксикаторе и взвешивают. 4. Результаты анализа вычисляют по формуле $m(\text{SO}_4) = m \text{ весовой формы} \cdot F$, где $F = \frac{M \text{ определяемого вещества}}{M \text{ весовой формы}} \quad (\text{гравиметрический фактор или фактор пересчета})$ Опытные данные: $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,3051 \text{ г}; m(\text{BaSO}_4) = 0,4561$ 96,064 и 233,404 — молекулярные массы SO_4 и BaSO_4. $F = \frac{96,064}{233,404} = 0,4116$ $m(\text{SO}_4) = 0,4561 \cdot 0,4116 = 0,1877 \text{ г}$ $w(\text{SO}_4) = 0,1877 \cdot 100 / 0,3051 = 61,52\%$ Ответ: 61,52%	1 балл 1 балл 1 балл 1 балл Итого: 4 балла	
3	Какие основные операции выполняются при качественном анализе?	3 балла	
	Правильный ответ (ключ): 1. <u>Нагревание и упаривание</u> растворов производится на водяной бане в пробирках или фарфоровых чашках. 2. <u>Осаждение и отделение осадка.</u> При проведении осаждения в пробирке исходный объем раствора не должен превышать 2 мл. После создания нужных условий (pH, маскирующий агент, температура) осадитель вводят по каплям и перемешивают содержимое пробирки стеклянной палочкой. Если осаждение используется для разделения или удаления ионов, то обязательно проверяется полнота осаждения введением в раствор над осадком 1–2 капель осадителя. Отделяют осадок от	1 балл	

раствора центрифугированием под действием центробежной силы. 3. <u>Промывание осадка</u>. Для отделения от осадка содержащихся в растворе компонентов. Операцию повторяют несколько раз. 4. <u>Растворение осадка</u>. Растворение осадка производят для дальнейшего анализа твердой фазы или при изучении свойств малорастворимого соединения. 5. <u>Выполнение пробирочных, капельных и микрокристаллических реакций</u> для идентификации веществ при помощи качественных реакций.. 6. <u>Выполнение холостого опыта</u>. При проведении реакций обнаружения полезно сравнивать наблюдаемый эффект с результатом холостого опыта, в котором использовались все те же реагенты и в тех же условиях, что и в основном опыте, но в отсутствие открываемого иона. Заключение о наличии иона в системе можно делать лишь в том		1 балл	
		Итого: 3 балла	
4	Какие предварительные испытания проводят при анализе неизвестного вещества?	3 балла	
Правильный ответ (ключ): 1. Оценка внешнего вида неизвестного вещества, агрегатного состояния, цвета, запаха. 2. Окрашивание несветящегося пламени газовой горелки различными элементами. 3. Нагревание в трубке или фарфоровой чашке (600 °С): а) появление воды, что указывает на присутствие в исследуемом веществе соединений, содержащих кристаллизационную воду, гидроксидов, органических веществ, основных или кислых солей; б) появление белого или цветного налета (возгонка); в) изменение окраски; г) выделение летучих продуктов разложения указывает на присутствие некоторых анионов: CO₂ - карбонатов, SO₂ - сульфитов и тиосульфатов тяжелых металлов, NO₂ - нитратов и нитритов, Br₂ - бромидов в присутствии окислителей, I₂ - иодидов в присутствии окислителей. 4. Получение окрашенных перлов. При нагревании вещества с тетраборатом натрия (Na₂B₄O₇) или с натрийаммонийгидрофосфатом (NaNH₄HP0₄) в ушке платиновой или нихромовой проволоки образуется характерно окрашенный перл (стеклообразная бусинка). 5. Воздействие серной кислотой. При кислотном разложении серной кислотой выделяются газообразные продукты, которые определяются по цвету или по другой характерной реакции. Кислотное разложение 1М H₂SO₄ используют для определения анионов: карбонат, тиосульфат, сульфит, сульфид, нитрит- ионов. При действии концентрированной H₂SO₄ выделяются следующие газы, соответствующие: Cl₂ - хлоридам, NO₂ - нитратам, СО - оксалатам, O₂ - пероксидам, оксидам, гидроксидам. 6. Растворение. Для перевода твердого вещества в раствор применяют строго последовательное растворение отдельных его частей при комнатной температуре и нагревании в следующих растворах: 1) в H₂O; 2) в СН₃COOH; 3) в разбавленной HCl (2 М); 4) в концентрированной HCl; 5) в разбавленной HCl + H₂O₂; 6) в 30%-ом NaOH; 9) в 25%-ом NH₄OH; 10) в насыщенном растворе соды при нагревании (содовая вытяжка); 7. Обнаружение окислителей и восстановителей. Окислители обнаруживают действием на анализируемое вещество смеси KI + H₂SO₄, восстановители обнаруживают действием смесей KMnO₄ + H₂SO₄, I₂ + H₂SO₄		1 балл	
		Итого: 3 балла	
5	Ход систематического химического анализа неизвестного вещества.	3 балла	
Правильный ответ (ключ): 1. Систематический анализ предусматривает разделение смеси анализируемых ионов по аналитическим группам с последующим обнаружением каждого иона. Систематическому анализу на катионы и на анионы вещество подвергают после предварительных испытаний и растворения.. Катионный состав исследуемого объекта дает информацию и об анионном составе, так как присутствие некоторых катионов исключает возможность присутствия отдельных анионов или даже целых их групп 2. Выбирают метод систематического анализа: кислотно-основной, сульфидный, аммиачно-фосфатный и др. 3. Обнаружение катионов. Действуя групповыми реактивами в определенной последовательности (согласно выбранному методу анализа) сначала разделяют группы катионов. Затем проводя разделение катионов внутри группы, выполняют аналитические реакции, при которых каждый ион обнаруживают после того, как будут обнаружены и удалены другие ионы, мешающие его обнаружению. Затем		1 балл	
		1 балл	
		1 балл	

	аналогично проводят анализ на анионы.	Итого: 3 балла	
6	Что такое титриметрический анализ? Какая посуда и приборы используются при его применении?	3 балла	
	Правильный ответ (ключ): 1. Титриметрический анализ (объёмный) - метод количественного анализа, основанный на точном измерении объёма раствора реактива точно известной концентрации, расходуемого для реакции с определяемым веществом. Титрование - процесс постепенного порционного прибавления раствора реагента (титранта) к исследуемому раствору до достижения конечной точки титрования, которая фиксируется по изменению окраски индикатора или другим параметрам. 2. К точной мерной посуде, используемой в объёмном анализе, относятся мерные колбы, пипетки и бюретки. <u>Мерные колбы</u> используют для разбавления исследуемого раствора до определенного объема и для приготовления первичных стандартных растворов. <u>Пипетки</u> используют для точного отмеривания определенного объема раствора и переноса его из одного сосуда в другой (отбор аликвотной части). Пипетки бывают двух типов: <u>пипетки Мора</u> и <u>градуировочные</u>. <u>Бюретка</u> представляет собой стеклянный сосуд цилиндрической формы с нанесенными на него делениями, оснащенный зажимом или краном. Она закрепляется строго вертикально в штативе и заполняется титрантом. Вся мерная посуда должна соответствовать ГОСТ. Также используют конические колбы для титрования, стаканы и воронки.	1,5 балла 1,5 балла Итого: 3 балла	
7	Первичные и вторичные стандартные растворы. Способы приготовления. Привести примеры стандартных веществ.	3 балла	
	Правильный ответ (ключ): 1. Стандартным раствором называют раствор реагента с точно известной концентрацией. <u>Первичный стандартный раствор</u> готовят растворением точного количества чистого химического вещества известного стехиометрического состава в определенном точном объеме (в мерной колбе). Существуют два способа приготовления первичного раствора: а) из точной навески, взвешенной на аналитических весах; б) из стандарт-титра (точная навеска запаяна в ампуле) 2. <u>Вторичный стандартный раствор</u> это раствор, который невозможно приготовить по точной навеске, вследствие гигроскопичности или нестехиометричности состава. Концентрация вторичного стандартного раствора устанавливается стандартизацией по первичному стандартному раствору и называется стандартизацией. Вторичные растворы готовят из навески, взятой на технических весах и путём разбавления более концентрированных растворов. 3. <u>Примеры стандартных веществ.</u> Для кислотно-основного метода - $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2CO_3; для окислительно-восстановительного - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; для осадительного – NaCl; для комплексонометрического $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла	
8	На чем основан потенциометрический метод титрования? Какое оборудование используется в этом методе? Особенности использования электродов.	3 балла	
	Правильный ответ (ключ): 1. Потенциометрический метод анализа основан на зависимости равновесного электродного потенциала (Е) от активности (а) или концентрации (С) вещества в растворе. 2. В данном методе для проведения измерений используют гальванический элемент, включающий два электрода. Электрод, потенциал которого зависит от активности (концентрации) определяемых ионов, называется индикаторным. Для измерения потенциала индикаторного электрода применяют второй электрод – электрод сравнения, потенциал которого постоянен и не зависит от состава анализируемого раствора. Для измерения потенциала электроды подключают к иономеру и измеряют ЭДС гальванического элемента. 3. Индикаторные электроды перед применением должны быть промыты дистиллированной водой. Излишки воды удаляются аккуратным промоканием фильтровальной бумагой. Серебряный электрод сначала промывают раствором тиосульфата для удаления галогенидов серебра и только потом водой. При использовании хлорсеребряного электрода сравнения необходимо следить за тем, чтобы внутрь электрода был залит насыщенный раствор хлорида калия. При проведении потенциометрических измерений уровень внутреннего раствора хлорсеребряного электрода должен быть выше уровня анализируемого раствора.	1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла	

9	Что лежит в основе абсорбционной спектроскопии? Фотометрические методы молекулярного абсорбционного анализа. Техника экспериментальных работ.	3 балла	
Правильный ответ (ключ):			
1. В основе абсорбционной спектроскопии лежит явление поглощения света атомами или молекулами. Количественной мерой способности поглощать свет служит оптическая плотность (A) $A = \lg \frac{I_0}{I}$ где I_0 – интенсивность падающего света; I – интенсивность света, прошедшего через раствор. Зависимость оптической плотности от концентрации раствора выражается законом Бугера – Ламберта – Бера $A = \epsilon l C,$ где A – оптическая плотность (или светопоглощение); ϵ – молярный коэффициент светопоглощения; l – толщина поглощающего слоя; C – молярная концентрация вещества в растворе.		1 балл	
2. К фотометрическим методам относятся методы, основанные на поглощении света веществом в УФ- и видимой областях. Включают в себя три метода: а) визуальная колориметрия (основана на сравнении окраски анализируемых и стандартных растворов визуальным способом); б) фотоколориметрия (основана на измерении интенсивности света, прошедшего через окрашенный раствор, фотоэлектрическим способом с помощью специальных приборов); в) спектрофотометрия (основана на измерении интенсивности строго монохроматического света, прошедшего через раствор, фотоэлектрическим способом).		1 балл	
3. При выполнении лабораторных работ по фотоколориметрии и спектрофотометрии используют специальные пластмассовые или стеклянные кюветы. Работая с ними, необходимо выполнять следующие правила. а) грани кювет, через которые будет проходить световой поток, называют рабочими гранями. На них указана длина кюветы (мм) и нанесена отметка уровня жидкости. б) кюветы следует держать за боковые грани, через которые не будет проходить световой поток. в) перед работой кюветы необходимо тщательно вымыть и обязательно несколько раз ополоснуть дистиллированной водой, а затем рабочим раствором. г) раствор в кювету наливают до специальной горизонтальной отметки на грани кюветы. д) перед помещением кювет в кюветодержатель рабочие грани протирают фильтровальной бумагой. На них не должно остаться капелек раствора, ворсинок, отпечатков пальцев. ж) для предотвращения проливания растворов, находящихся в кюветах, перемещение каретки фотоколориметра или спектрофотометра осуществляют медленно и плавно.		1 балл	
		Итого: 3 балла	
10	Правила работы в химической лаборатории	3 балла	
Правильный ответ (ключ):			
1. Категорически запрещается работать одному в лаборатории, так как в экстренном случае будет некому оказать пострадавшему первую помощь и ликвидировать последствия неудавшегося эксперимента. Работать следует только в отведенное время под контролем преподавателя или других сотрудников. 2. Необходимо соблюдать тишину, чистоту и порядок. Поспешность и неряшливость в работе часто приводят к несчастным случаям. Нельзя отвлекать от работы и отвлекать своих товарищей. Запрещается держать на лабораторном столе посторонние предметы (сумки, учебники и т.д.). 3. Категорически запрещается принимать и хранить пищу, пить и курить. 4. Каждый должен знать, где находятся средства индивидуальной защиты, аптечка, средства для тушения пожара. 5. В лаборатории необходимо находиться в застегнутом хлопчатобумажном халате. Это обеспечивает некоторую индивидуальную защиту и позволяет избежать загрязнения одежды. 6. Приступать к работе можно после усвоения всей техники ее выполнения. 7. Нельзя проводить опыты в грязной посуде и следует мыть сразу после окончания эксперимента.		1 балл	
8. Категорически запрещается пробовать химические вещества на вкус. Нюхать вещества следует осторожно, не поднося сосуд близко к лицу, а лишь направляя к себе пары или газы легким движением руки, при этом не следует делать полный вдох. Жидкие вещества и растворы запрещается набирать в пипетки ртом, для этого необходимо использовать резиновые груши и другие приспособления. 9. В процессе работы необходимо следить, чтобы вещества не попадали на кожу, так как многие из них вызывают раздражение и ожоги кожи и слизистых оболочек. 10. Запрещается нагревать, смешивать и взбалтывать реактивы вблизи лица. При нагревании нельзя держать пробирку или колбу отверстием к себе или в направлении работающего товарища.		1 балл	

13. Запрещено выливать в раковину остатки кислот и щелочей, огнеопасных и взрывоопасных, а также сильно пахнущих веществ. Для слива этих веществ в вытяжном шкафу должны находиться специальные сосуды с плотно притертыми крышками и соответствующими этикетками			Итого: 3 балла
ОПК-6 Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе (код, наименование компетенции)			
Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
Задания закрытого типа			
1	Б	С какой точностью взвешивается навеска на технических весах? А 0,001 Б 0,01 В 1 Г 10	1 балл правильный ответ
2	В	Какова относительная погрешность весового метода анализа? А 10% Б от 1% до 0,1% В от 0,1 до 0,01% Г 5%	1 балл правильный ответ
3	В	Чему равен pH в кислой среде? А -7 Б 7 В 3 Г 10	1 балл правильный ответ
4	Б	Как правильно определить точную навеску вещества? А на аналитических весах Б сначала на технических, а потом на аналитических В расчетным путем Г на технических весах	1 балл правильный ответ
5	Б	Способы выражения концентрации титрованных растворов: А массовая доля Б молярная концентрация эквивалента В процентная концентрация	1 балл правильный ответ
6	А	Какая концентрация называется молярной концентрацией эквивалента? А) нормальная Б) процентная В) массовая.	1 балл правильный ответ
7	В	Если в растворе pH = 7, то раствор является: А слабощелочным Б щелочным В нейтральным Г кислым	1 балл правильный ответ
8	Б	Предельная концентрация выражается в: А миллилитрах (мл) Б микрограммах (мкг) В граммах на миллилитр (г/мл)	1 балл правильный ответ
9	В	В каких единицах измеряется титр? А моль/л Б % В г/мл Г моль-эквивалент/л	1 балл правильный ответ
10	А	Какая концентрация называется молярной концентрацией эквивалента?	1 балл правильный

	А) нормальная Б) процентная В) массовая	ответ	
Задания открытого типа			
1	Оформление лабораторных работ и составление отчета	3 балла	
Правильный ответ (ключ): В отчет о лабораторной работе обязательно заносят результаты всех измерений (даже неудачных) и расчеты. Это необходимо для проверки правильности выполнения работы. Также это дает возможность внести необходимые изменения и уточнения в выполнение эксперимента или расчета. В отчете обязательно отражаются: 1) дата выполнения работы; 2) название и номер лабораторной работы; 3) цель лабораторной работы; 4) используемые реактивы и оборудование; 5) уравнения протекающих химических реакций; 6) экспериментальные данные и расчеты (очень подробно, с соблюдением правил записи результатов и единиц измерений); 7) на миллиметровой бумаге или с помощью компьютера строятся градуировочные графики либо кривые титрования (обязательно вклеиваются в лабораторный журнал); отчеты о проведенной компьютерной обработке данных распечатываются и прикладываются к отчету о выполненной лабораторной работе. 8) оценка погрешности определения (после проверки результата преподавателем). При ведении рабочего журнала необходимо уделять особое внимание точности измерений и записи их результатов		1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла	
2	Определение кристаллизационной воды в хлориде бария. Порядок выполнения работы.	4 балла	
Правильный ответ (ключ): 1. <u>Сущность метода.</u> Кристаллизационной называют воду, входящую в структуру кристаллов некоторых веществ — кристаллогидратов, например $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ и т. д. При хранении часто происходит выветривание кристаллогидратов, т. е. частичная или полная потеря ими кристаллизационной воды с соответствующим изменением химической формулы. Определение воды в кристаллогидратах проводят косвенным методом отгонки. Метод основан на том, что при нагревании кристаллогидраты разлагаются с выделением воды, массу которой находят по разности масс навески до и после высушивания. 2. <u>Оборудование:</u> весы технические, весы аналитические, сушильный шкаф, тигельные щипцы, эксикатор, бюкс с крышкой. <u>Реактивы:</u> двухводный кристаллогидрат хлорида бария $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 3. <u>Ход определения.</u> Навеску кристаллогидрата берут массой 1,0 - 1,5 г. Соль взвешивают на кальке на технических весах. Затем определяют массу пустого бюкса с крышкой на аналитических весах с точностью до 0,0002 г (для этого проводят три параллельных взвешивания и по результатам вычисляют среднее значение — m_1). Перед взвешиванием бюкс должен быть высушен и подписан. Навеску с кальки переносят в бюкс, закрывают его крышкой и определяют массу бюкса с навеской (также проводят три взвешивания и по результатам вычисляют среднее значение — m_2). Данные по взвешиванию заносят в таблицу. По разнице масс бюкса с навеской и пустого бюкса вычисляют массу навески кристаллогидрата (m_3). Открыв бюкс, помещают его в сушильный шкаф на 30 мин. Затем тигельными щипцами переносят бюкс в эксикатор. Крышку бюкса при этом не закрывают. В эксикаторе бюкс охлаждают до комнатной температуры в течение 10–15 мин, закрывают крышкой и переносят на аналитические весы для первого взвешивания после высушивания. Массу соли, определенную как среднее арифметическое трех параллельных измерений, заносят в таблицу ($m_{4.1}$). Далее снова ставят бюкс (с открытой крышкой) в сушильный шкаф на 20 мин, повторно охлаждают в эксикаторе и снова взвешивают ($m_{4.2}$). Если результат повторного взвешивания отличается от предыдущего не более чем на 0,0002 г, то можно считать, что кристаллизационная вода полностью удалена. В противном случае проводят третье высушивание, охлаждение и определение массы ($m_{4.3}$). 4. <u>Обработка результатов.</u>		1 балл 1 балл 1 балл	

	Определение массы навески кристаллогидрата m_3 (г): $m_3 = m_2 - m_1$. Определение массы воды m_5 (г): $m_5 = m_2 - m_{4,2}$, если проводилось два высушивания, $m_5 = m_2 - m_{4,3}$, если проводилось три высушивания. Теоретическое определение массовой доли воды (%): $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $n = 1 \text{ моль} \qquad \qquad \qquad n = 2 \text{ моль}$ $M = 244,26 \text{ г/моль} \qquad \qquad \qquad M = 18,015 \text{ г/моль}$ $m = nM = 244,26 \text{ г} \qquad \qquad \qquad m = nM = 36,03 \text{ г}$ $\omega(\text{H}_2\text{O})_{\text{теор}} = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = \frac{36,03 \cdot 100}{244,26} = 14,75\%$ Практическое определение массовой доли воды (%): $\omega(\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}} = \frac{m_5(\text{H}_2\text{O})}{m_3(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\%$ Абсолютная погрешность определения Δx (%): $\Delta x = \omega(\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}} - \omega(\text{H}_2\text{O})_{\text{теор.}}$ Относительная погрешность определения δ (%): $\delta = \frac{\Delta x \cdot 100\%}{\omega(\text{H}_2\text{O})_{\text{теор.}}}$	1 балл Итого: 4 балла	
3	Анализ смеси катионов третьей аналитической группы (Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}).	3 балла	
	Правильный ответ (ключ): 7. Третья аналитическая группа включает ионы щелочно-земельных элементов: Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}. Групповым реагентом катионов третьей аналитической группы является разбавленная серная кислота, осаждающая ионы этой группы в следующей последовательности: сульфат бария, сульфат стронция, сульфат кальция. Сульфат кальция осаждается только в присутствии этилового спирта. Таким образом третью группу катионов отделяют от катионов других аналитических групп. 8. Оборудование и реактивы: пробирки конические и цилиндрические, стеклянные палочки, центрифуга, водяная баня, соли бария, стронция и кальция, ацетатный буфер, дихромат калия, гексацианоферрат калия (II), оксалат аммония, насыщенный раствор сульфата аммония. 9. Разделение катионов внутри группы ведут по следующей схеме: А) к исследуемому раствору добавляют ацетатный буфер и дихромат калия $2\text{Ba}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{BaCrO}_4 \downarrow + 2\text{H}^+$ мелкокристаллический осадок желтого цвета Проверяют полноту осаждения и отделяют осадок. Б) Центрифугат используют для обнаружения стронция. К раствору добавляют насыщенный раствор сульфата аммония и нагревают. В присутствии стронция выпадает мелкокристаллический осадок сульфата стронция белого цвета. Иногда для выпадения осадка требуется создать центр кристаллизации – потереть стеклянной палочкой о стенку пробирки. $\text{Sr}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{SrSO}_4 \downarrow \text{мелкокристаллический белый осадок}$ В) После полного отделения стронция проводят качественные реакции на Ca^{2+}. $\text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{CaC}_2\text{O}_4 \downarrow \text{белый кристаллический осадок}$ $\text{Ca}^{2+} + \text{K}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{NH}_4^+ = \text{KCaNH}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow + \text{K}^+ \text{белый кристаллический осадок при нагревании до кипения}$	1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла	
4	Стандартизация раствора соляной кислоты	5 баллов	
	Правильный ответ (ключ): 1. <u>Цель работы:</u> установить точную концентрацию раствора HCl. <u>Сущность метода.</u> Точную концентрацию соляной кислоты в растворе можно установить с помощью первичного стандарта — раствора буры. Водный раствор буры подвергается гидролизу, в результате чего имеет щелочную среду: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + 4\text{H}_3\text{BO}_3$ Раствор буры титруют раствором соляной кислоты прямым способом, как сильное основание сильной кислотой. В процессе титрования протекают реакции: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + 4\text{H}_3\text{BO}_3$ $2\text{NaOH} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл	

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 2 \text{HCl} + 5 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaCl} + 4 \text{H}_3\text{BO}_3$ Из суммарного уравнения видно, что $f_{\text{экв.}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 1/2$ В точке эквивалентности величина pH будет ниже 7, т. к. в результате реакции образуется борная кислота ($\text{pH} \approx 5$). Поэтому для установления конечной точки титрования используют индикатор, который меняет окраску в кислой области, при pH близких к 5. Наиболее подходящие индикаторы в этом диапазоне — метиловый красный и метиловый оранжевый. 2. Оборудование: весы технические, весы аналитические, бюкс с крышкой, бюретка объемом 25 мл, колбы мерные с пробкой объемом 100 и 250 мл, колба коническая для титрования объемом 50 мл, пипетки объемом 5 мл (градуированная) и 10 мл, воронка, груша, стакан для слива, промывалка. Реактивы: десятиводный кристаллогидрат тетрабората натрия (бура), кислота <u>Соляная</u> (концентрированный раствор, $\rho = 1,17 \text{ г/мл}$), индикатор метиловый оранжевый (водный раствор). 3. Ход определения. 1 Приготовление стандартного раствора буры. Раствор буры готовят как первичный стандарт с молярной концентрацией эквивалента $0,05 \text{ моль-экв/л}$ в мерной колбе объемом 100 мл. Массу навески буры (г) рассчитывают по формуле: $m = \frac{1}{2} \cdot M_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}} \cdot V \cdot C = 1/2 \cdot 381,36 \cdot 0,1 \cdot 0,05$ Рассчитанную массу буры взвешивают в бюксе сначала на технических, а затем на аналитических весах. Навеску переносят в чистую мерную колбу, а бюкс взвешивают. По разности находят точную массу буры. В мерную колбу добавляют 1/3 объема воды и перемешивают до полного растворения соли. После этого раствор доводят до метки дистиллированной водой. Отсчет ведут по нижнему мениску. Колбу закрывают пробкой и подписывают. 2 Приготовление раствора соляной кислоты. Соляная кислота летучая, точной концентрацией не обладает. Точную концентрацию кислоты устанавливают по стандартному раствору буры, но сначала готовят раствор HCl с приблизительной концентрацией эквивалента $0,05 \text{ моль/л}$. Для этого используют раствор концентрированной HCl, имеющийся в лаборатории. Расчет ведут по формуле: $V(\text{HCl}) = \frac{M(\text{HCl}) \cdot C \cdot V_{\text{к}}}{1000 \cdot \rho \cdot w}$ Плотность концентрированного раствора соляной кислоты измеряют ареометром в мерном цилиндре с соблюдением всех правил техники безопасности, а затем определяют по справочнику массовую долю. Рассчитанный объем концентрированной соляной кислоты отмеряют градуированной пипеткой и помещают в чистую мерную колбу нужного объема, предварительно заполненную на $\frac{1}{2}$ водой. концентрированной соляной кислоты. Раствор доводят до метки дистиллированной водой. Колбу закрывают пробкой, перемешивают и подписывают. 3 Методика титрования. Бюретку моют, ополаскивают дистиллированной водой, а затем приготовленным раствором HCl. Далее бюретку наполняют этим раствором выше нулевого деления и удаляют воздух из наконечника и резиновой трубки бюретки. Устанавливают уровень жидкости на нулевом делении (отсчет ведут по нижнему мениску). В три конические колбы пипеткой отмеряют аликвоты — 10 мл раствора буры и добавляют по 1–2 капли индикатора метилового оранжевого. Раствор буры окрашивается при этом в желтый цвет. Одну из колб с раствором буры ставят под бюретку на лист белой бумаги. Раствор буры титруют соляной кислотой, прибавляя последнюю по каплям и постоянно перемешивая жидкость плавными движениями колбы. Титрование проводят до момента смены желтой окраски раствора на оранжевую. Результат титрования по бюретке сразу записывают в лабораторный журнал, учитывая точность прибора (для бюретки определяется как половина цены деления, т. е. $0,05 \text{ мл}$). Таким же образом титруют содержимое двух оставшихся колб. Точное титрование следует проводить не менее трех раз. Если разница в отсчетах по бюретке между параллельными определениями превышает $0,1 \text{ мл}$ (объем двух капель), то титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов. Все результаты (в том числе и несовпадающие) заносят в лабораторный журнал и вычисляют среднее арифметическое V_{HCl}, учитывая только сходящиеся значения. 4. Проведение расчетов Молярную концентрацию буры (моль/л) рассчитывают по взятой навеске m, растворенной в колбе объемом $V_{\text{к}}$ (100 мл): $C(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = \frac{1000 \cdot m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) \cdot V_{\text{к}}}$ Молярную концентрацию эквивалента (моль-экв/л) соляной кислоты HCl, в данном случае численно равную молярной концентрации HCl (так как $f_{\text{экв}} = 1$), определяют по результатам титрования согласно закону эквивалентов:	1 балл 1 балл 1 балл 1 балл	
---	---	--

	$C(\text{HCl}) = \frac{C(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) \cdot V(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)}{V(\text{HCl})}$ где $V(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)$ — объем аликвоты раствора буры, равный 10 мл; $V(\text{HCl})$ – средний объем кислоты, пошедший на титрование (мл).	Итого: 5 баллов	
5	Определение временной жесткости воды Правильный ответ (ключ): 1. <u>Цель работы:</u> определить содержание гидрокарбонатов кальция и магния в пробе воды (ммоль/л). <u>Сущность метода.</u> Общая жесткость воды определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния. Представляет собой сумму постоянной (некарбонатной) и временной (карбонатной) жесткости. Постоянная жесткость обусловлена наличием кальциевых и магниевых солей сильных кислот (серной, азотной, соляной). При кипячении не устраняется. Временная жесткость воды обусловлена присутствием в ней гидрокарбонатов кальция и магния. Этот вид жесткости можно устранить путем кипячения, откуда и взялось название «временная». При кипячении гидрокарбонаты разлагаются с образованием нерастворимых карбонатов, углекислого газа и воды. Временную жесткость определяют прямым титрованием воды соляной кислотой, при этом происходит разрушение гидрокарбонатов согласно реакциям: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2 \text{CO}_2 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O},$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + 2 \text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2 \text{CO}_2 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O}.$ Из уравнений видно, что соли временной жесткости реагируют с HCl в молярном соотношении 1:2. Это означает, что экв.(HCl) = 1, а экв.(соли) = ½. Для численного выражения жесткости воды указывают суммарную концентрацию в ней катионов кальция и магния в градусах жесткости (°Ж). 1 °Ж (устар. — мг-экв/л) соответствует концентрации щелочноземельного элемента, численно равной ½ его миллимоля на литр. Таким образом, жесткость по своей сути это молярная концентрация эквивалента. 2. <u>Оборудование:</u> бюретка объемом 25 мл, колба мерная объемом 100 мл, колба коническая для титрования объемом 250 мл, воронка, стакан для слива. <u>Реактивы:</u> вода (анализируемый раствор), кислота соляная (стандартизованный раствор, C= 0,05 моль/л), индикатор метиловый оранжевый (водный раствор). 3. Ход определения. В три конические колбы объемом 250 мл отбирают по 100 мл исследуемой (например, водопроводной) воды с помощью мерной колбы. Добавляют в каждую колбу по 3 капли индикатора метилового оранжевого и титруют раствором соляной кислоты до перехода окраски раствора из желтой в оранжевую. Титрование проводят до получения трех сходящихся результатов, которые заносят в лабораторный журнал и определяют среднее значение объема кислоты V _{HCl} . 4. Проведение расчетов. Временную жесткость воды Ж _{врем} (°Ж) рассчитывают по формуле: $\text{Ж в рем.} = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})}$	3 балла	
		Итого: 3 балла	
6	Определение аммиака в растворе соли аммония Правильный ответ (ключ): 1. <u>Цель работы:</u> определить массу NH ₃ в пробе (г). 2. <u>Сущность метода.</u> Содержание аммиака в солях аммония не может быть определено непосредственным титрованием анализируемого раствора (прямое титрование). Для этой цели используют косвенные способы, например обратное титрование. Способ основан на титровании избытка щелочи, оставшейся в растворе после взаимодействия соли аммония с NaOH. Например, реакция разложения хлорида аммония протекает при нагревании согласно уравнению: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ Избыток щелочи оттитровывают раствором соляной кислоты в присутствии индикатора: $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}.$ 3. <u>Оборудование:</u> весы технические и аналитические, плита электрическая, бюкс с крышкой, химические стаканы (термостойкие), бюретка объемом 25 мл, колба мерная объемом 100 мл, пипетки объемом 10 мл и 20 мл, колба коническая для титрования объемом 250 мл, воронка, груша, стакан для слива, промывалка. <u>Реактивы:</u> хлорид аммония (анализируемое вещество), гидроксид натрия (стандартизованный раствор, C= 0,1 моль/л), кислота соляная (раствор, C = 0,1 моль/л), индикатор бромтимоловый синий (водный раствор), универсальная индикаторная бумага. 4. Ход определения. Навеску хлорида аммония количественно переносят	3 балла	
		Итого: 3 балла	

	в колбу на 100 мл. Объем жидкости в колбе доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. В 2–3 термостойких стакана вносят пипеткой по 10 мл исследуемого раствора и по 20 мл раствора гидроксида натрия. Стаканы с растворами нагревают на электрической плитке при температуре, близкой к 100 °С, до полного удаления аммиака. Обычно это достигается при испарении примерно половины содержимого стаканов. Полноту удаления аммиака контролируют с помощью универсальной индикаторной бумаги, смоченной дистиллированной водой (при действии паров аммиака бумага синееет). После завершения реакции содержимое стаканов охлаждают до комнатной температуры, вносят по 1 капле бромтимолового синего и титруют раствором соляной кислоты до перехода окраски раствора из синей в травянисто-зеленую. Если результаты двух титрований анализируемого раствора различаются между собой больше, чем на 0,20 мл, проводят дополнительный опыт. Определяют среднее значение объема раствора кислоты V_{HCl}, пошедшего на титрование щелочи. 5. Проведение расчетов. Массу аммиака (г) в хлориде аммония рассчитывают по формуле: $m(\text{NH}_3) = \frac{(C \text{ NaOH} \cdot V \text{ NaOH} - C \text{ HCl} \cdot V \text{ HCl}) \cdot M \text{ NH}_3 \cdot V_{\text{мк}}}{V_{\text{а}}}$ Рассчитывают абсолютную и относительную погрешности	1 балл	
7	Стандартизация раствора перманганата калия	Итого: 3 балла	
	Правильный ответ (ключ): 1. <u>Цель работы:</u> установить точную концентрацию раствора KMnO_4. <u>Сущность метода.</u> Точную концентрацию раствора перманганата калия устанавливают через 8–10 дней после его приготовления по щавелевой кислоте $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или оксалату натрия $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и другим веществам. За это время происходит окисление восстановителей, присутствующих в дистиллированной воде (пыль, следы органических соединений), и концентрация KMnO_4 стабилизируется. Оксалат натрия и щавелевая кислота являются наиболее удобными установочными веществами, так как они не токсичны и устойчивы. В основе титрования лежит реакция $5 \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O} + 10\text{CO}_2 \uparrow$ Факторы эквивалентности перманганата и оксалата определяются, исходя из полуреакций $\text{MnO}_4^- + 5\text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} \Rightarrow f_{\text{экв}}(\text{MnO}_4^-) = 1/5$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} - 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{CO}_2 \uparrow \Rightarrow f_{\text{экв}}(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 1/2$ Титрование оксалат-ионов перманганатом калия проводят в сильноокислой среде по следующим причинам: – образуются бесцветные ионы Mn^{2+}, которые не мешают фиксировать конечную точку титрования; – окислительная способность KMnO_4 в кислой среде намного выше, чем в нейтральной и слабощелочной среде: $E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = 1,51 \text{ В}; \quad E_{\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2, \text{OH}^-} = 0,60 \text{ В}$ Среда создается избытком H_2SO_4. Нельзя использовать HNO_3 и HCl, так как в их присутствии протекают побочные реакции. Реакция взаимодействия перманганата калия с оксалат-ионами относится к типу автокаталитических. Она катализируется продуктом реакции – ионами Mn^{2+}. Первые капли KMnO_4 даже в горячем растворе обесцвечиваются очень медленно. В ходе титрования концентрация ионов Mn^{2+} возрастает и скорость реакции увеличивается. Нагревание титруемого раствора способствует увеличению скорости реакции. Кроме того, при нагревании увеличивается величина скачка титрования, следовательно, повышается точность определения. Титрование проводится без индикатора, так как все продукты реакции бесцветны и одна лишняя капля KMnO_4 после точки эквивалентности придаст раствору собственную малиновую окраску. <u>Оборудование и реактивы:</u> бюретка, пипетка Мора, конические колбы, мерная колба, мерный цилиндр (10–25 мл), электрическая плитка, ~0,05 н. раствор KMnO_4, первичный стандартный раствор $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ или $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 2 н. раствор H_2SO_4. <u>Выполнение работы.</u> Заполняют бюретку раствором KMnO_4 и устанавливают уровень жидкости на нуле. Отсчеты объема при титровании перманганатом калия целесообразно делать по верхнему краю мениска уровня жидкости, так как нижний край мениска не виден из-за интенсивной окраски раствора. Помещают в коническую колбу для титрования 10 мл 2 н. раствора H_2SO_4 и нагревают, не допуская закипания. Пипеткой берут аликвотную часть раствора установочного вещества и	3 балла 1 балл 1 балл	

вносят в нагретый раствор серной кислоты (нагревать и кипятить кислые растворы оксалатов не следует, так как они разлагаются). Горячий раствор титруют перманганатом калия по каплям, энергично перемешивая. Каждую следующую каплю прибавляют только после того, как исчезнет окраска от предыдущей. Титруют перманганатом до появления не исчезающей в течение 30 секунд слабо-розовой окраски. По результатам титрования рассчитывают точную концентрацию раствора перманганата калия, моль-экв/л.		Итого: 3 балла
8	Стандартизация раствора комплексона III (Трилона Б)	3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. <u>Цель работы:</u> установить точную концентрацию раствора комплексона III (моль-экв/л). <u>Сущность работы.</u> Основным рабочим раствором в комплексонометрии является раствор комплексона III (ЭДТА, трилон Б). Для его приготовления применяют динатриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты - $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (условно – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ или H_2Y^{2-}). Она легко получается в чистом виде, хорошо растворима в воде, растворы устойчивы при хранении. При обычных условиях препарат содержит примерно 0,3% влаги, поэтому титрованные растворы ЭДТА можно готовить по точной навеске (с учетом 0,3% H_2O). Однако обычно его точную концентрацию устанавливают по раствору соли цинка. Определение основано на реакции взаимодействия комплексона III с ионами цинка в среде аммиачного буфера: $\text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{ZnY}^{2-} + 2\text{H}^+$ В этой реакции f экв. цинка и комплексона = 1. Отсюда концентрация молярного эквивалента равна молярной. Конечная точка титрования фиксируется с помощью индикатора эриохрома черного Т, который имеет синюю окраску, а его комплекс с цинком – лиловую. 2. <u>Оборудование и реактивы:</u> мерная колба, бюретка, пипетка Мора, мерный цилиндр (50–100 мл), коническая колба, 0,05 н. раствор комплексона III, кристаллический $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (х. ч.), аммиачный буфер с pH=9, индикатор эриохром черный Т в смеси с NaCl (1 : 100). 3. <u>Выполнение работы.</u> Рассчитывают навеску соли $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, необходимую для приготовления требуемого объема 0,05 н. раствора. Взвешивают ее на аналитических весах, переносят в мерную колбу, растворяют в воде и доводят объем до метки. Рассчитывают точную концентрацию приготовленного раствора (моль-экв/л). В колбу для титрования переносят пипеткой аликвотную часть стандартного раствора соли цинка, добавляют 20–25 мл аммиачного буфера и индикатор на кончике шпателя. Титруют раствором комплексона III до перехода лиловой окраски раствора в синюю. По результатам титрования рассчитывают точную концентрацию раствора комплексона III, (моль-экв/л) $C(\text{ZnSO}_4) = \frac{m(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot}{M(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot V_{\text{мколбы}}}$ $C(\text{Тр. Б}) = \frac{C(\text{ZnSO}_4) \cdot V(\text{ZnSO}_4)_a}{V(\text{Тр. Б})}$		1 балл 1 балл 1 балл Итого: 3 балла
9	Определение значения pH раствора с использованием стеклянного электрода	3 балла
Правильный ответ (ключ): 1. <u>Цель работы:</u> определить значение pH раствора с использованием стеклянного электрода и по полученным данным рассчитать концентрацию ионов H^+ в растворе. <u>Сущность работы.</u> Определение кислотности раствора (pH) является важной задачей отраслевого анализа. Так, при изучении кислотности почв определяют величину pH почвенной вытяжки. Полученные сведения учитывают при внесении в почву необходимых удобрений и микроэлементов. Количественное определение величины pH раствора может быть осуществлено различными способами. Предложенный метод определения включает прямое потенциометрическое измерение с использованием стеклянного электрода (индикаторный) и хлорсеребряного электрода (электрод сравнения). Стеклянный электрод относится к мембранным электродам и в растворах с величиной pH от 2 до 9 селективен к иону H^+. Для потенциометрического измерения используется специальный прибор – иономер. Функция измерения pH позволяет измеренную величину потенциала сразу же преобразовывать в единицы pH. 2. <u>Посуда и оборудование:</u> стакан вместимостью 150 мл; электронный иономер; индикаторный электрод – стеклянный; электрод сравнения – хлорсеребряный, магнитная мешалка. 3. <u>Выполнение работы:</u> Электроды промывают водой и излишки её снимают фильтровальной бумагой. В стакан наливают анализируемый раствор, опускают в него пропеллер магнитной мешалки и		1 балл 1 балл 1 балл

	погружают электроды на 1–2 см. Включают перемешивание и иономер. Показания прибора записывают в лабораторный журнал. По полученной величине рН рассчитывают концентрацию ионов H^+ в анализируемом растворе. Так как $pH = -\lg C_{H^+}$, то, следовательно, $C_{H^+} = 10^{-pH}$ (моль/л)	Итого: 3 балла	
10	Спектрофотометрическое определение перманганат-иона	3 балла	
Правильный ответ (ключ): 1. <u>Цель работы:</u> определить концентрацию MnO_4^- в анализируемом растворе спектрофотометрическим методом по величине коэффициента молярного поглощения. <u>Сущность работы.</u> Количественный анализ содержания перманганат-иона является ключевым этапом определения ионов Mn^{2+}. Для анализируемый объект, содержащего Mn^{2+}, подвергают окислению персульфатом аммония. В результате получается водный раствор перманганат-иона. Так как максимум поглощения этого раствора находится в видимой области спектрального диапазона, то можно проводить определение любым фотометрическим методом анализа. В лабораторной работе содержание перманганат-иона определяют спектрофотометрически. Так как для спектрофотометрических измерений используется свет высокой степени монохроматичности, то определение концентрации вещества можно выполнить по закону Бугера – Ламберта – Бера. При этом необходимо знать величину коэффициента молярного поглощения ϵ при длине волны максимального поглощения. Для расчета коэффициента молярного поглощения в лабораторной работе измеряют оптическую плотность стандартного раствора $KMnO_4$. 2. <u>Реактивы:</u> стандартный 0,0100 М раствор $KMnO_4$; 2 н. раствор H_2SO_4. <u>Посуда и оборудование:</u> мерные колбы вместимостью 100,0 мл; пипетки градуированные вместимостью 5,0 мл; мерный цилиндр вместимостью 5 мл; спектрофотометр; кюветы длиной 1,0 см. 3. <u>Выполнение работы</u> Подготовка спектрофотометра к работе. Спектрофотометр включают в сеть и прогревают 30 мин. Приготовление разбавленного стандартного раствора $KMnO_4$. В мерную колбу вместимостью 100,0 мл пипеткой вносят 5,0 мл исходного 0,0100 М раствора перманганата калия и с помощью мерного цилиндра добавляют 5 мл раствора серной кислоты. Объем раствора доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Рассчитывают молярную концентрацию приготовленного раствора перманганата калия $C(MnO_4^-)$, моль/л, по формуле: $C(MnO_4^-) = \frac{C_{ст.р-ра} \cdot V_{ст.р-ра}}{V_{мерн. колбы}}$ <u>Приготовление раствора сравнения.</u> Для приготовления раствора сравнения в мерную колбу вместимостью 100,0 мл добавляют 5 мл раствора H_2SO_4, доводят объем до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. <u>Получение спектра поглощения.</u> Проводят измерение оптической плотности раствора перманганата относительно раствора сравнения в диапазоне длин волн 400-600 нм. Выбирают длину волны, при которой происходит максимальное поглощение и рассчитывают ϵ коэффициент молярного поглощения по формуле: $\epsilon = \frac{A}{C(MnO_4^-) \cdot l}$ где A – оптическая плотность при выбранной длине волны λ_{max}; $C(MnO_4^-)$ – концентрация стандартного раствора $KMnO_4$ (моль/л); l – длина кюветы (см). <u>Проведение анализа.</u> Анализируемый раствор $KMnO_4$ помещают в мерную колбу (100,0 мл). К полученному раствору добавляют 5 мл раствора H_2SO_4 и доводят до метки дистиллированной водой. Заполняют кювету анализируемым раствором и измеряют его оптическую плотность A_x при выбранной длине волны λ_{max} относительно раствора сравнения. Используя измеренную величину оптической плотности и рассчитанное значение коэффициента поглощения, находят концентрацию перманганат-иона в анализируемом растворе $C_x(MnO_4^-)$, моль/л: $C_x(MnO_4^-) = \frac{A_x}{\epsilon \cdot l}$		1 балл 1 балл 1 балла Итого: 3 балла	

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	Лабораторные работы-8	12 (1,5 балла за 1 лабораторную работу)
2		Контрольная работа №1 Контрольная работа № 2	7* 7 *(8 заданий, 3 вопроса и 5 задач; 0,5 балла за правильный ответ на вопрос и 1 за правильно решенную задачу)
3		Выполнение домашней работы,	1
4		Посещаемость	1
5		Работа на занятии	2
		Итого:	30

2 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	Лабораторные работы - 8	12 (1,5 балл за 1 лабораторную работу)
2		Контрольная работа № 4 Контрольная работа № 5	7* 7 *(8 заданий, 3 вопроса и 5 задач; 0,5 балла за правильный ответ на вопрос и 1 за правильно решенную задачу)
3		Выполнение домашней работы	1
4		Посещаемость	1
5		Работа на занятии	2
		Итого:	30
6		Экзамен	40 (4 задания в билете по 10 баллов)
		Итого за 1 семестр	100 баллов

2 семестр

РАССЧЕТ БАЛЛОВ В 2 СЕМЕСТРЕ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

1 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	Лабораторные работы-6	9 (1,5 балла за 1 лабораторную работу)
2		Контрольная работа №1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3	5* 5 5 *(6 заданий, 2 вопроса и 4 задачи; 0,5 балла за правильный ответ на вопрос и 1 за правильно решенную задачу)
3		Выполнение домашней работы,	2
4		Посещаемость	1
5		Работа на занятии	3
		Итого:	30

2 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания

1	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	Лабораторные работы - 8	12 (1,5 балл за 1 лабораторную работу)
2		Контрольная работа № 4 Контрольная работа № 5	5* 5 *(6 заданий, 2 вопроса и 4 задачи; 0,5 балла за правильный ответ на вопрос и 1 за правильно решенную задачу)
		Тест	3 (тест содержит 20 вопросов, 1 правильный ответ -0,15 балла)
3		Выполнение домашней работы	2
4		Посещаемость	1
5		Работа на занятии	2
		Итого:	30
6		Экзамен	40 (4 задания в билете по 10 баллов)
		Итого за 1 семестр	100 баллов

**Вопросы к коллоквиуму по теме «Аналитические свойства катионов I и II групп»
(NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+})**

1. Почему катионы I группы не имеют группового реагента?
2. В чем заключаются особенности иона магния по сравнению с другими катионами I группы? Как они используются в ходе анализа?
3. Какие свойства имеет ион магния с ионами II группы?
4. Почему для обнаружения катионов I группы необходимо удалить катионы II группы?
5. Какие катионы I группы можно открыть дробным путем в смеси катионов I-II групп?
6. Какая реакция на ионы аммония более специфична: реакция выделения аммиака под действием щелочи или с реактивом Неслера?
7. Обнаружению каких катионов I группы мешает ион аммония? (указать реакции).
8. Как удалить ионы аммония? Как проверить полноту удаления?
9. Почему при термическом разложении солей аммония рекомендуется прибавлять концентрированную азотную кислоту?
10. Как разлагается при прокаливании хлорид, нитрат, сульфат, фосфат, карбонат, хромат аммония?
11. Какое нерастворимое соединения остается при обработки водой остатка после термического удаления аммонийных солей?
12. Растворяется ли двойной фосфат магния и аммония в кислотах? Какие продукты образуются в зависимости от кислоты?
13. Обнаружению каких катионов I группы мешает магний?
14. Почему реакцию калия с кобальтинитритом натрия нельзя проводить в щелочной среде?
15. Почему в качестве группового реагента используется карбонат аммония? Покажите, что использование хромата, сульфата, оксалата, фосфата нецелесообразно?
16. Почему в присутствии солей аммония не образуется осадок основного карбоната магния?
17. Почему нужно проводить осаждение карбонатов II группы при нагревании (но не при кипячении)?
18. В чем причины неполного осаждения карбонатов II группы при действии карбоната аммония? Каковы способы их устранения?
19. Можно ли вместо хлорида аммония использовать сульфат аммония при осаждении катионов II группы?
20. Как рассчитать значение pH полного осаждения карбонатов II группы? Покажите, что гидроокись магния в этих условиях не образуется.
21. Почему не применяют карбонат натрия или калия в качестве группового реагента?
22. Как перевести сульфаты II группы в карбонаты? В каких условиях и почему необходима многократная обработка осадка сульфатов II группы карбонатом натрия и нагревание?
23. Почему сульфат кальция растворим в солях аммония?
24. В чем растворимы фосфаты II группы? Какие продукты получаются при растворении в различных кислотах (хлористоводородной, уксусной)?
25. Почему в кислой среде нельзя осадить двузамещенные фосфаты катионы II группы?
26. Почему в уксуснокислой среде из смеси катионов бария, стронция кальция выпадает в осадок только хромат бария?

27. Почему при действии бихромата калия на раствор соли бария выпадает осадок хромата бария?
28. Почему хромат бария растворяется в уксусной кислоте при нагревании?
29. Как можно растворить хроматы бария и стронция? Какие продукты получаются при нагревании в различных кислотах (хлористоводородной, уксусной)?
30. Каковы причины ошибок при обнаружении бария с бихроматом калия в присутствии стронция?
31. В чем растворяются оксалаты II группы? Какие продукты образуются при растворении в различных кислотах (хлористоводородной, уксусной)?
32. Как магний растворяется с оксалатом аммония?
33. Какие способы разделения катионов II группы вы можете предложить?
34. Какие методы разделения и обнаружения кальция и стронция вы можете предложить?
35. Какие органические реагенты можно использовать для разделения и обнаружения катионов II группы?
36. Как можно объяснить образование стронция при действии гипсовой воды на раствор соли стронция?
37. Каковы возможные источники ошибок при обнаружении стронция реакцией с гипсовой водой?
38. Как реагирует ферроцианид калия с ионами стронция и кальция в присутствии аммиака и хлорида аммония? Каковы свойства ферроцианида кальция?
39. Что такое предварительные реакции?
40. Какие предварительные реакции необходимо провести при анализе смеси катионов I и II групп?

Вопросы к коллоквиуму по теме

«Аналитические свойства катионов III группы»

1. Рассчитайте pH полного осаждения сульфидов III группы. Сформулируйте условия отделения III группы от I и II групп.
2. Почему при действии $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ в условиях осаждения катионов III группы алюминий и хром осаждаются в виде гидроокисей?
3. Почему осаждение сульфидов следует проводить при нагревании? Какую роль играет хлорид аммония при осаждении сульфидов?
4. Как растворить трудно растворимые сульфиды металлов III группы? Напишите уравнения соответствующих реакций.
5. Как используют явление амфотерности при разделении катионов?
6. Приведите примеры разделения ионов, основанные на применении комплексообразования.
7. Рассчитайте концентрацию сульфид-иона в растворе сульфида аммония при pH=9.
8. При анализе смеси ионов Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} действуют избыток щелочи и перекиси водорода при нагревании. Что остается в растворе, что будет в осадке?
9. Общие реакции катионов III группы.
10. Правила осаждения катионов III группы в виде сульфидов и гидроксидов.
11. Расчет $[\text{S}^{2-}]$, необходимой для осаждения сульфида цинка.
12. Расчет концентраций ионов, образующихся в растворе $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.
13. Равновесие в растворах малорастворимых электролитов.
14. Факторы влияющие на растворимость осадка (влияние одноименного иона, посторонних электролитов, pH, комплексообразования, гидролиза).
15. Последовательность образования осадков.
16. Растворимость малорастворимых соединений в кислотах.

Вопросы к коллоквиуму

«Гравиметрический метод анализа»

1. Сущность гравиметрического метода.
2. Механизм образования осадков.
3. Относительное пересыщение. Как оно связано с числом центров кристаллизации, скоростью кристаллизации, размерами кристаллов.
4. Охарактеризовать условия получения кристаллических осадков.
5. Почему осаждение BaSO_4 проводят: а) из разбавленных растворов; б) в кислой среде; в) при нагревании растворов; г) в присутствии солей аммония? Механизм образования аморфных осадков.
6. «Гравиметрический метод анализа»
7. Причины загрязнения осадков: адсорбция, окклюзия, изоморфизм.
8. Аналитические приемы, используемые для уменьшения адсорбции и окклюзии.
9. Форма осаждения, требования к ней.
10. Гравиметрическая форма, требования к ней.
11. Выбор величины навески.
12. Выбор осадителя. Количество осадителя.
13. Как влияют количество промывной жидкости и кратность промывания на эффективность промывания?
14. Какие растворители используют в качестве промывной жидкости. Привести пример.
15. Фактор пересчета, его физический смысл.
16. Какую соль бария – $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, BaBr_2 , BaCl_2 или $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ – целесообразно использовать в качестве осадителя для получения наиболее чистого осадка BaSO_4 ? Объяснить почему.
17. Будет ли результат определения железа по методике – осаждение $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и взвешивание Fe_2O_3 – завышен, занижен или правилен в перечисленных случаях: а) осаждение вели из разбавленных растворов при комнатной температуре; б) осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$ оставили настаиваться с маточным

раствором; в) в растворе присутствовали фторид - ионы F^- ; г) в растворе присутствовали ионы Al^{3+} ; д) осадок $Fe(OH)_3$ промыли чистой водой вместо раствора, содержащего соль аммония и аммиак?

18. В сущность метода декантации? С какой целью используют промывание этим методом?
19. Какие условия необходимо создать для коагуляции коллоидных растворов? К каким ошибкам гравиметрического определения может привести образование коллоидных растворов? Привести примеры.
20. Что такое пептизация осадка? Как предотвратить пептизацию осадков ($Fe(OH)_3$, $AgCl$) при их промывании?
21. В каком случае потери при промывании осадка CaC_2O_4 : а) 100мл воды; б) 100мл 0,1М $(NH_4)_2C_2O_4$; в) 500мл воды будут наибольшими и в каком – наименьшими?
22. Наиболее распространенные органические осадители. Их преимущества.
23. Неорганические осадители.
24. Привести примеры разделения ионов за счет комплексообразования.
25. В чем сущность осаждения с коллектором.
26. Разделение ионов методом экстракции.
27. Хроматографические методы разделение

- ионообменная хроматография
- распределительная хроматография
- адсорбционная хроматография
- осадочная хроматография – газожидкостная хроматография

28. Вычислить интервал значения pH раствора в котором обеспечивается количественное разделение в виде гидроксидов: а) Fe^{3+} от Mg^{2+} ; б) Al^{3+} от Mg^{2+} в) Ni^{2+} от Mg^{2+} г) Fe^{3+} от Ca^{2+} д) Al^{3+} от Ca^{2+}

Вопросы к коллоквиуму

«Окислительно – восстановительные реакции»

1. Стандартный потенциал окислительно-восстановительной системы. Факторы влияющие на величину E^0 .
2. Направление ОВР. Как определить направление реакции, зная стандартные потенциалы соответствующих пар.
3. Построение кривой ОВ титрования. От чего зависит вид кривых и скачек титрования.
4. Расчет потенциалов в точке эквивалентности.
5. Классификация методов окислительно-восстановительного титрования, область применения.
6. Индикаторы ред-окс титрования. Интервал перехода окраски. От чего зависят их показания? Как подбирают индикаторы. Величина скачка титрования составила 0,84-1,02. Какие индикаторы можно использовать в этом случае?
7. Установочные вещества в редокститровании. Охарактеризуйте свойства установочных веществ в перманганатометрии, иодометрии, хромометрии.
8. Перманганатометрия. Сущность метода.
9. Стандартные растворы в перманганатометрии. Как готовят и хранят титрованный раствор $KMnO_4$. Напишите уравнения реакции разложения $KMnO_4$: что соответствует ее протеканию?
10. Перманганатометрическое определение окислителей и восстановителей: условия, примеры – объясните с точки зрения увеличения реальной разности потенциалов.
11. Перманганатометрическое определение железа.
Методы предварительного восстановления $Fe(III)$. Какова роль смеси Цицермана-Рейнгардта при перманганатометрическом определении в солянокислой среде.
12. Как объясняют условия перманганатометрических определений: нагревание до 80° , медленное прибавление титранта, высокая кислотность.
13. Йодометрия. Общая характеристика метода. Условия йодометрических определений. Приведите уравнения соответствующих реакций.
14. Рабочие растворы в йодометрии. Приготовление, стандартизация и хранение растворов $Na_2S_2O_3$ и I_2 . Индикатор. Почему при йодометрическом определении растворы отстаивают некоторое время в темноте, затем титруют до соломенно-желтого цвета и только потом добавляют крахмал?
15. Йодометрическое определение сульфидов. Почему метод обратного титрования предпочтительнее метода прямого титрования?
16. Йодометрическое определение окислителей и восстановителей: сульфитов, сульфидов, хроматов, арсенатов, нитратов. Условия реального увеличения разности потенциалов.
17. Броматометрия. Примеры броматометрических определений.
18. Хроматометрия. Определения железа. В каких условиях дифениламин не дает ошибки в конечной точки титрования.
19. Скорость и механизм окислительно-восстановительных реакций на примере взаимодействия $KMnO_4$ с оксалатом.
20. Каталитические окислительно-восстановительные реакции. Какова роль Mn^{2+} в перманганатном окислительном титровании.
21. Сопряженные окислительно-восстановительные реакции, фактор индукции. Как объяснить тот факт, что в присутствии Mn^{2+} не идет сопряженная реакция окисления хлоридов при перманганатометрическом определении железа?
22. Предложите методы определения кальция(весовой, кислотно-основное и редокститрование, хелотометрия).

23. Ред-окс методы определения Fe(II)(III).

24. Методы определения нитритов.

25. Иодометрическое определение меди. Чем вызвано протекание реакции в нужном направлении?

26. Каким из ред-окс методов и при каком соотношении реагентов можно определить содержание кислоты в растворе?

Шкала оценивания выполнения индикаторов:

Индикатор считается выполненным, если либо во время текущей, либо промежуточной аттестации студент набрал как минимум пороговое количество баллов за те виды активности, которые отвечают за данный индикатор.

1-й семестр

№	Индикатор	Текущая аттестация		Промежуточная аттестация (экзамен)	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум
1	ОПК-1.2	20	60	20	40
	ОПК-2.1				
	ОПК-2.3				
	ОПК-6.1				

2-й семестр

№	Индикатор	Текущая аттестация		Промежуточная аттестация (экзамен)	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум
1	ОПК-1.1	20	60	20	40
	ОПК-2.1				
	ОПК-2.3				
	ОПК-6.1				

Шкала и критерии выставления оценок за дисциплину:

Шкала и критерии выставления оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» описаны в локальной нормативной документации Тверского государственного университета (Положение о рейтинговой системе обучения студентов ТвГУ). Положительная оценка может быть выставлена только в том случае, если выполнены все индикаторы.

5.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Перечень тем и вопросов для экзамена

Аналитическая химия. Виды анализа. Стадии химического анализа. Основные характеристики методов анализа. Абсолютные и относительные методы. Выбор метода анализа. Способы повышения чувствительности и избирательности методов. Автоматизация анализа.

Кисотно-основные реакции. Протолитическая теория кислот и оснований. Равновесие в системе: кислота – сопряжённое основание – растворитель. Константы кислотности, основности, автопротолиза. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя.

Реакции комплексообразования. Типы и свойства комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Количественная характеристика реакций комплексообразования: константа устойчивости. Ступенчатое Комплексообразование. Использование комплексных соединений для разделения, концентрирования, маскирования, обнаружения, определения элементов.

Органические реагенты в химическом анализе. Функционально-аналитические и аналитико-активные группы. Влияние строения молекулы на свойства реагента. Применение органических реагентов в анализе.

Окислительно-восстановительные реакции в аналитической химии. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы и их потенциалы. Уравнение Нернста. Стандартный и реальный окислительно-восстановительные потенциалы. Направление окислительно-восстановительных реакций.

Реакции осаждения в аналитической химии. Константы равновесия реакций осаждения. Растворимость осадков. Факторы, влияющие на растворимость. Образование осадков. Кристаллические и аморфные осадки, условия осаждения. Причины загрязнения осадков: совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение. Виды соосаждения. Приёмы, способствующие получению чистых осадков.

Методы разделения и концентрирования. Основы экстракции как метода разделения и концентрирования. Константа распределения, коэффициент распределения. Константа экстракции. Фактор разделения. Условия экстракции неорганических и органических соединений. Практическое применение экстракции.

Методы разделения элементов, основанные на осаждении неорганическими и органическими реагентами. Использование соосаждения для концентрирования микрокомпонентов. Неорганические и органические коллекторы.

Хроматографические методы. Принципы и классификация. Хроматограммы и способы их получения.

Основные теоретические положения и характеристики методов. Газовая хроматография. Основные теоретические положения. Требования к стационарным и подвижным фазам. Примеры практического применения. Ионообменная хроматография. Высокоэффективная ионная хроматография. Принципы методов. Примеры практического применения. Бумажная и тонкослойная хроматография, их основные теоретические положения. Требования к стационарным и подвижным фазам. Примеры практического применения.

Гравиметрические методы. Сущность. Осаждаемая и гравиметрическая формы. Примеры практического применения.

Титриметрические методы. Способы установления конечной точки титрования.

Кисотно-основное титрование. Кривые титрования. Кисотно-основные индикаторы. Погрешности метода кислотно-основного титрования. Титрование смесей кислот и оснований. Титрование в неводных средах.

Комплексонометрическое титрование. Преимущества аминополикарбоновых кислот перед другими органическими титрантами. Металлохромные индикаторы, требования к ним. Способы титрования (прямой, обратный, вытеснительный, косвенный). Практическое применение комплексонометрического титрования (определение ионов кальция, магния, железа).

Окислительно-восстановительное титрование. Факторы, влияющие на величину скачка потенциала, способы обнаружения конечной точки титрования. Перманганатометрическое, бихроматометрическое, иодометрическое титрование. Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы. Примеры практического применения.

Электрохимические методы. Природа аналитического сигнала. Классификация методов. Электрохимическая ячейка. Индикаторные электроды и электроды сравнения.

Потенциометрия. Равновесный потенциал. Способы измерения потенциала. Прямая потенциометрия. Индикаторные электроды. Классификация ионоселективных электродов. Характеристики ионоселективных электродов: электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Способы определения коэффициента селективности. Способы прямых потенциометрических измерений. Практическое применение ионометрии: определение pH, pF, pNO₃.

Потенциометрическое титрование. Общая характеристика метода. Способы нахождения конечной точки титрования. Индикаторные электроды в кислотно-основном, окислительно-восстановительном и осадительном титровании.

Кулонометрия. Законы Фарадея. Прямая кулонометрия. Условия потенциометрических измерений: достижение 100%-ного выхода по току; измерение количества электричества; определение конца электрохимической реакции.

Кулонометрическое титрование. Примеры определения электроактивных и электронеактивных веществ. Электрогенерированные кулонометрические титранты. Условия титрования: обеспечение 100%-ного выхода по току; измерение количества электричества; определение конца химической реакции. Преимущества перед другими титриметрическими методами.

Вольтамперометрия. Основы метода. Особенности электрохимической ячейки. Теоретические основы классической полярографии. Характеристики полярограммы. Потенциал полуволны. Диффузионный ток. Уравнение Ильковича. Практическое применение полярографии. Качественный анализ. Полярографический спектр. Количественный анализ. Способы определения концентрации вещества. Возможности и ограничения метода.

Амперометрическое титрование. Выбор условий амперометрического титрования. Виды кривых титрования. Примеры практического применения.

Спектроскопические методы. Важнейшие характеристики спектральных линий (положение, интенсивность, ширина). Атомные и молекулярные спектры. Взаимосвязь основных характеристик спектральных линий с природой и количеством вещества (качественный и количественный анализ).

Спектрофотометрический метод. Основной закон поглощения электромагнитного излучения. Молярный коэффициент поглощения. Применение метода для определения концентрации веществ. Чувствительность и селективность метода. Выбор оптимальных условий проведения фотометрических реакций. Интервал определяемых оптических плотностей. Метод дифференциальной спектрофотометрии, его возможности и преимущества. Спектрофотометрические методы изучения равновесий в растворах. Определение констант кислотной диссоциации органических соединений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. Аналитическая химия. Учебник / Мовчан Н.И., Романова Р.Г., Горбунова Т.С. и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 394 с. - Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=431581>
2. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ О.Б. Кукина [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 162 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30833.html>.— ЭБС «IPRbooks»

б) Дополнительная литература:

1. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: сборник лабораторных работ для студентов технических направлений дневной и заочной форм обучения/ — Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 62 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45072.html>.
2. Трифонова А.Н. Аналитическая химия [Электронный ресурс]: лабораторный практикум. Учебное пособие/ Трифонова А.Н., Мельситова И.В.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2013.— 161 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24051.html>

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

9. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины (или модуля)			
№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (модуля)	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			