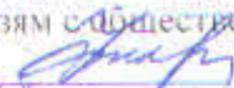


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Кафедра химии фармацевтического факультета

«СОГЛАСОВАНО»

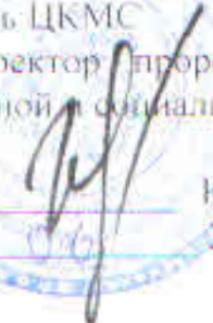
Проректор по учебно-методической работе и связям с общественностью, профессор

 Г.А. Федорина

« 27 » 06 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ЦКМС
Первый проректор / проректор по учебно-воспитательной и социальной работе, профессор

 Ю.В. Щукин
« 28 » 06 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
Б.1. Б.11

Рекомендуется для направления подготовки

ФАРМАЦИЯ 33.05.01

Уровень высшего образования *Специалитет*
Квалификация (степень) выпускника *Провизор*

Факультет фармацевтический

Форма обучения очная

СОГЛАСОВАНО

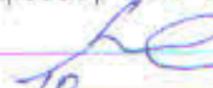
Декан фармацевтического факультета

Доцент И.К. Петрухина

 « 03 » 10 2016 г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель методической комиссии по специальности профессор В.А. Куркин

 « 03 » 10 2016 г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № 4, 03.10.2016)
Заведующий кафедрой профессор И.Ф. Шаталаев

 « 03 » 10 2016 г.

Самара 2016 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) Фармация 33.05.01, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (№1037 от 11 августа 2016 г.)

Составители рабочей программы:

Воронин Александр Васильевич, кандидат фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры химии фармацевтического факультета ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России

Редкокашин Дмитрий Евгеньевич, ассистент кафедры химии фармацевтического факультета ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России

Сынбулатов Ирек Вадимович, ассистент кафедры химии фармацевтического факультета ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России

Рецензенты:

Рощупкина И.Ю., доцент кафедры химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени С.П. Королева», к.х.н.

Рублинецкая Б.В., заведующий кафедрой «Аналитическая и физическая химия» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доцент, д.х.н.

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель освоения учебной дисциплины состоит в овладении знаниями, умениями и навыками аналитической химии, которая обеспечит аналитическую подготовку обучающихся к овладению курсов, изучаемых далее: биологическая химия, фармацевтическая биохимия, фармацевтическая и токсикологическая химии, фармакогнозия, фармацевтическая технология; способствовать формированию у обучающихся профессионального мышления для решения задач по анализу лекарственных веществ.

Задачами дисциплины являются:

- освещение основных разделов программы, стимулирование студентов к систематической самостоятельной работе.
- освоение способов и методик, используемых в аналитической химии;
- формирование умений и навыков для решения проблемных и ситуационных задач (профессиональных задач) по аналитической химии.
- изучения аналитических свойств веществ в зависимости от их химического состава и условий существования;
- изучения аналитических реакций и других форм взаимодействия между веществами в зависимости от их химического состава и условий протекания процесса.
- формирование умений использовать современные: технические средства для решения практических задач; оптимальные методики качественного и количественного анализа веществ; источники научной, справочной литературы, ресурсы Интернета; методики статистической обработки данных, компьютерные возможности интерпретации графических данных для нахождения искомых величин; перспективы развития новых технологий, используемых в медицине, фармации.
- приобретение умения работы с химическим, физическим оборудованием, компьютеризованными приборами.
- приобретение умения собирать простейшие установки для проведения лабораторных работ; готовить растворы анализируемых веществ и реагентов для проведения анализа; измерять физико-химические параметры веществ и их растворов; проводить эксперименты, анализировать данные наблюдений и измерений; прогнозировать возможности и условия протекания химических (аналитических) реакций; оформлять результаты, формулировать выводы по экспериментальным и теоретическим работам.
- закрепление теоретических знаний по химическим дисциплинам (неорганической, физической, коллоидной, органической химиям); по физике, математике, информатике.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональной компетенции:

- способность к проведению экспертизы лекарственных средств с помощью химических, биологических, физико-химических и иных методов: способность к проведению экспертизы лекарственных средств с помощью химических и физико-химических методов (ПК-10).

В результате изучения аналитической химии студент должен:

Знать:

- Основные понятия и законы, лежащие в основе аналитической химии;
- Основные этапы развития аналитической химии, ее современное состояние;
- Основные положения теории ионных равновесий применительно к реакциям кислотно-основного, окислительно-восстановительного, осадительного и комплексометрического характера;
- Методы и способы выполнения качественного анализа;
- Методы, приемы и способы выполнения химического и физико-химического анализа

для установления качественного состава и количественных определений;

- Методы обнаружения неорганических катионов и анионов;
- Методы разделения веществ (химические, хроматографические, экстракционные);
- Основы математической статистики применительно к оценке правильности и воспроизводимости результатов количественного анализа;
- Правила техники безопасности при работе в химической лаборатории;
- Роль и значение методов аналитической химии в фармации, в практической деятельности провизора;
- Основные литературные источники, справочную литературу по аналитической химии.

Уметь:

- Пользоваться мерной посудой, аналитическими весами; владеть техникой выполнения основных аналитических операций при качественном и количественном анализе вещества, готовить и стандартизировать растворы аналитических реагентов;
- Отбирать среднюю пробу, составлять схему анализа, проводить качественный и количественный анализ вещества в пределах использования основных приемов и методов, предусмотренных программой;
- Работать с основными типами приборов, используемых в анализе (микроскопы, фотоэлектроколориметры, флуориметры, спектрофотометры, потенциометры; установки для кулонометрии, хроматографы и др.);
- Выбирать оптимальный метод качественного и количественного анализа вещества;
- Строить кривые титрования и устанавливать на их основе объёмы титранта, затрачиваемые на каждый компонент смеси;
- Проводить разделение катионов и анионов химическими и хроматографическими методами;
- Проводить лабораторные опыты, объяснять суть конкретных реакций и их аналитические эффекты, оформлять отчетную документацию по экспериментальным данным;
- Выполнять исходные вычисления, итоговые расчеты с использованием статистической обработки результатов количественного анализа;
- Самостоятельно работать с учебной и справочной литературой по аналитической химии.

Владеть:

- Техники химических экспериментов, проведения пробирочных реакций, навыками работы с химической посудой и простейшими приборами;
- Техники экспериментального определения pH растворов при помощи индикаторов и приборов;
- Простейшими операциями при выполнении качественного и количественного анализа веществ;
- Техники работы на физических приборах, используемых для качественного и количественного анализа (фотоколориметр, спектрофотометр, pH-метр, кулонометр, амперометрическая установка и др.);
- Навыками по проведению систематического анализа неизвестного соединения;
- Методами статистической обработки экспериментальных результатов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится блоку 1 дисциплин, изучается в 3-4 семестрах, является базовой в фармацевтическом образовании.

Основой для освоения аналитической химии являются знания, умения и готовности, полученные студентами при освоении дисциплин общая и неорганическая химия,

физическая химия, физика, математика, информатика.

Аналитическая химия является в свою очередь основой для фармацевтической химии, биохимии, фармацевтической биохимии, токсикологической химии и профессиональных дисциплин: фармакогнозия, технология лекарств

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **11** зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		3	4
Контактная работа обучающихся с преподавателем	240	156	84
Аудиторные занятия (всего)			
В том числе:			
Лекции	72	48	24
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Семинары (С)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	168	108	60
Самостоятельная работа (всего)	120	60	60
В том числе:			
<i>Курсовая работа</i>	-	-	-
<i>Выполнение заданий домашней самоподготовки</i>	80	40	40
<i>Подготовка к контрольным работам</i>	20	10	10
<i>Другие виды самостоятельной работы (реферат)</i>	20	10	10
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	Экзамен 36	-	Экзамен 36
Общая трудоемкость:			
часов	396	216	180
зачетных единиц	6	6	5

4. Содержание дисциплины

4.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование Раздела дисциплины	Содержание раздела	Коды компетенций
1	2	3	4
1	Общие теоретические основы аналитической химии	<p>1.1. Предмет, задачи и методы аналитической химии. Аналитическая химия и химический анализ. Основные понятия аналитической химии: метод анализа вещества, методика анализа, качественный анализ, количественный анализ, элементный анализ, функциональный анализ, молекулярный анализ, фазовый анализ.</p> <p>1.2. Краткий исторический очерк развития аналитической химии: качественный химический анализ, количественный анализ, органический элементный анализ, физические и физико-химические (инструментальные) методы анализа (оптические, хроматографические, электрохимические).</p> <p>1.3. Основные разделы современной аналитической химии. Применение методов аналитической химии в фармации. Фармацевтический анализ. Фармакопейные методы. Аналитические признаки веществ и аналитические реакции.</p> <p>1.4. Типы аналитических реакций и реагентов. Характеристика чувствительности аналитических реакций (предельное разбавление, предельная концентрация, минимальный объем предельно разбавленного раствора, предел обнаружения, показатель чувствительности). Подготовка образца к анализу. Средняя проба. Отбор средней пробы жидкости, твердого тела (однородного и неоднородного вещества). Масса пробы. Растворение пробы (в воде, в водных растворах кислот, в других растворителях), обработка пробы или ее сплавление с солями.</p> <p>1.5. Некоторые положения теории растворов электролитов и закона действующих масс, применяемых в аналитической химии. Сильные и слабые электролиты. Общая концентрация и активности ионов в растворе. Ионная сила раствора. Влияние ионной силы раствора на коэффициенты активности ионов. Характеристика рН водных растворов электролитов. Применение закона действующих масс в аналитической химии. Химическое равновесие. Константа химического равновесия (истинная</p>	ПК-10

		<p>термодинамическая, концентрационная). Условная константа химического равновесия.</p> <p>1.6. Гетерогенные равновесия в системе осадок - насыщенный раствор малорастворимого электролита и их роль в аналитической химии</p> <p>Гетерогенные равновесия в аналитической химии. Равновесие в системе осадок - насыщенный раствор малорастворимого сильного электролита. Способы выражения растворимости малорастворимых электролитов. Произведение растворимости малорастворимого сильного электролита. Условия образования осадков малорастворимых сильных электролитов. Дробное осаждение и дробное растворение осадков. Перевод одних малорастворимых электролитов в другие. Влияние посторонних электролитов на растворимость малорастворимых сильных электролитов (влияние добавок электролита с одноименным ионом, влияние добавок постороннего (индифферентного) электролита). Влияние различных факторов на полноту осаждения осадков и их растворение.</p> <p>1.7. Кислотно-основные равновесия и их роль в аналитической химии</p> <p>Протолитические равновесия. Понятие о протолитической теории кислот и оснований. Протолитические равновесия в воде. Характеристика силы слабых кислот и оснований. Константы кислотности, основности и их показатели; рН растворов слабых кислот и слабых оснований. Гидролиз солей как частный случай кислотно-основного равновесия. Константа и степень гидролиза. Вычисление значений рН в растворах средних солей, подвергающихся гидролизу по катиону, по аниону, по катиону и аниону одновременно, кислых солей. Функция воды в процессе гидролиза.</p> <p>Буферные системы (растворы). Значение рН буферных растворов: буферные системы, содержащие слабую кислоту и ее соль, слабое основание и ее соль. Буферная ёмкость. Использование буферных систем в анализе.</p> <p>1.8. Окислительно-восстановительные системы и их роль в аналитической химии</p> <p>Окислительно-восстановительные потенциалы редокс-пар (редокс-потенциалы, электродные окислительно-восстановительные потенциалы). Потенциал реакции (электродвижущая сила реакции). Направление протекания окислительно-восстановительной реакции. Влияние различных факторов на значения окислительно-восстановительных потенциалов и направление протекания окислительно-восстановительных реакций. Глубина протекания окислительно-</p>	
--	--	--	--

		<p>восстановительных реакций. Использование окислительно-восстановительных реакций в химическом анализе.</p> <p>1.9. Равновесия комплексообразования и их роль в аналитической химии</p> <p>Общая характеристика комплексных (координационных) соединений металлов. Равновесия в растворах комплексных соединений. Константы устойчивости и константы нестойкости комплексных соединений. Условные константы устойчивости комплексов. Влияние различных факторов на процессы комплексообразования в растворах. Типы комплексных соединений, применяемых в аналитической химии. Применение комплексных соединений в химическом анализе.</p> <p>1.10. Применение органических реагентов в аналитической химии</p> <p>Использование реакций образования органическими соединениями, обладающими функционально-аналитическими группировками, хелатных, в том числе внутрикислотных соединений, ионных ассоциатов и др. (изменение оптических свойств, растворимости). Использование органических соединений в качестве индикаторов в титриметрических методах количественного анализа, для качественного, количественного разделения, маскирования.</p> <p>1.11. Методы разделения и концентрирования веществ в аналитической химии</p> <p>Некоторые основные понятия (разделение, концентрирование, коэффициент (фактор) концентрирования). Классификация методов разделения и концентрирования (методы испарения, озоление, осаждение, соосаждение, кристаллизация, экстракция, избирательная адсорбция, электрохимические и хроматографические методы). Осаждение и соосаждение.</p> <p>Применение экстракции в аналитической химии. Принцип метода жидкостной экстракции. Некоторые основные понятия жидкостной экстракции: экстрагент, экстракционный реагент, экстракт, реэкстракция, реэкстрагент, реэкстракт.</p> <p>Экстракционное равновесие. Закон распределения Нерста-Шилова.</p> <p>Константа распределения. Коэффициент распределения. Степень извлечения. Фактор разделения двух веществ. Условия разделения двух веществ.</p> <p>Влияние различных факторов на процессы экстракции: объема экстрагента, числа экстракций, рН среды и т.д.</p> <p>Классификация экстракционных систем, используемых в химическом анализе. Использование</p>	
--	--	---	--

		<p>процессов экстракции в фармацевтическом анализе.</p> <p>1.12. Хроматографические методы анализа Хроматография, сущность метода. Классификация хроматографических методов анализа: по механизму разделения веществ, по агрегатному состоянию фаз, по технике эксперимента, по способу относительного перемещения фаз.</p> <p>Адсорбционная хроматография. Тонкослойная хроматография (ТСХ). Сущность метода ТСХ. Коэффициент подвижности, относительный коэффициент подвижности, степень (критерий) разделения, коэффициент разделения. Материалы и растворители, применяемые в методе ТСХ.</p> <p>Распределительная хроматография. Бумажная хроматография (хроматография на бумаге). Осадочная хроматография. Понятие о ситовой (эксклюзионной) хроматографии. Гель-хроматография.</p>	
2	Качественный анализ	<p>2.1. Качественный химический анализ. Классификация методов качественного анализа (дробный и систематический, макро-, полумикро-, микро-, ультрамикрoанализ).</p> <p>Аналитические реакции и реагенты, используемые в качественном анализе (специфические, селективные, групповые).</p> <p>Использование качественного анализа в фармации.</p> <p>Аналитическая классификация катионов по группам: сероводородная (сульфидная), аммиачно-фосфатная, кислотнo-основная. Ограниченность любой классификации катионов по группам.</p> <p>Кислотно-основная классификация катионов по группам. Систематический анализ катионов по кислотнo-основному методу. Аналитические реакции катионов различных аналитических групп.</p> <p>Качественный анализ анионов. Аналитическая классификация анионов по группам (по способности к образованию малорастворимых соединений, по окислительно-восстановительным свойствам). Ограниченность любой классификации анионов по группам. Аналитические реакции анионов различных аналитических групп. Методы анализа смесей анионов различных аналитических групп. Анализ смесей катионов и анионов (качественный химический анализ вещества).</p> <p>2.2. Применение физических и физико-химических методов в качественном анализе</p> <p>Оптические методы анализа: эмиссионный спектральный анализ; пламенная фотометрия (фотометрия пламени); молекулярный абсорбционный спектральный анализ (спектрофотометрия) в ультрафиолетовой и видимой области спектра; инфракрасная спектроскопия; другие оптические методы (рефрактометрия,</p>	ПК-10

		поляриметрия, люминесцентный метод анализа). Хроматографические методы анализа.	
3	Количественный анализ	<p>3.1. Классификация методов количественного анализа (химические, физико-химические, физические, биологические). Требования, предъявляемые к реакциям в количественном анализе. Роль и значение количественного анализа в фармации.</p> <p>3.2. Статистическая обработка результатов количественного анализа</p> <p>Источники погрешностей количественного анализа. Правильность и воспроизводимость результатов количественного анализа. Классификация погрешностей количественного анализа (систематическая погрешность, случайная погрешность). Систематическая погрешность, относительная величина систематической погрешности. Источники систематических погрешностей (методические, инструментальные, индивидуальные). Оценка правильности результатов количественного анализа (использование стандартных образцов, анализ исследуемого объекта другими методами, метод добавок или метод удвоения). Случайные погрешности.</p> <p>Некоторые понятия математической статистики и их использование в количественном анализе. Случайная величина, варианта, генеральная совокупность, выборка (выборочная совокупность), распределение Стьюдента.</p> <p>Статистическая обработка и представление результатов количественного анализа. Расчет метрологических характеристик: оптимальный объем выборки, среднее значение определяемой величины, среднее отклонение, дисперсия, дисперсия среднего, стандартное отклонение, стандартное отклонение среднего, относительное стандартное отклонение, доверительный интервал (доверительный интервал среднего), полуширина доверительного интервала, доверительная вероятность, коэффициент нормированных отклонений (коэффициент Стьюдента), относительная (процентная) погрешность среднего результата. Исключение грубых промахов. Представление результатов количественного анализа. Примеры статистической обработки и представления результатов количественного анализа.</p> <p>Оценка методов анализа по правильности и воспроизводимости. Сравнение двух методов анализа по воспроизводимости (сравнение дисперсий). Метрологическая характеристика методов анализа по правильности: анализ стандартного образца; сравнение результатов количественного анализа образца двумя методами (сравнение средних);</p>	ПК-10

		<p>примеры сравнения двух методов количественного анализа по правильности и воспроизводимости. Оценка допустимого расхождения результатов параллельных определений.</p> <p>Рекомендации по обработке результатов количественного анализа. Компьютерная обработка данных в аналитической химии. Примеры статистической обработки результатов в фармацевтическом анализе.</p> <p>3.3. Гравиметрический анализ</p> <p>Основные понятия гравиметрического анализа. Классификация методов гравиметрического анализа (метод осаждения, метод отгонки, метод выделения, термогравиметрический анализ).</p> <p>Метод осаждения. Основные этапы гравиметрического определения. Осаждаемая и гравиметрическая (весовая) формы; требования, предъявляемые к этим формам. Требования, предъявляемые к осадителю, промывной жидкости. Понятие о природе образования осадков. Условия образования кристаллических и аморфных осадков. Примеры гравиметрических определений в химическом и фармацевтическом анализе.</p> <p>3.4. Химические титриметрические методы анализа</p> <p>Титриметрический анализ (титриметрия). Основные понятия: аликвота, титрант, титрование, точка эквивалентности, конечная точка титрования, индикатор, кривая титрования, степень оттитрованности, уровень титрования. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрии.</p> <p>Реактивы, применяемые в титриметрическом анализе, стандартные вещества, титранты.</p> <p>Типовые расчеты в титриметрическом анализе. Способы выражения концентрации в титриметрическом анализе (молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр, титриметрический фактор пересчета (титр по определяемому веществу), поправочный коэффициент). Расчет массы стандартного вещества, необходимой для приготовления титранта. Расчет концентрации титранта при его стандартизации. Расчет массы и массовой доли определяемого вещества по результатам титрования.</p> <p>Классификация методов титриметрического анализа: кислотно-основное, окислительно-восстановительное, осадительное, комплексиметрическое и комплексонометрическое титрование.</p> <p>Виды (приемы) титрования (прямое, обратное, заместительное). Способы определения (отдельных навесок, аликвотных частей). Методы установления конечной точки титрования (визуальные, инструментальные).</p>	
--	--	--	--

		<p>3.5. Кислотно-основное титрование Сущность метода. Основные реакции и титранты метода. Типы кислотно-основного титрования (ацидиметрия, алкалиметрия). Индикаторы метода кислотно-основного титрования. Требования, предъявляемые к индикаторам. Ионная, хромофорная, ионно-хромофорная теория индикаторов кислотно-основного титрования. Показатель титрования индикатора и интервал изменения его окраски. Классификация индикаторов (по способу применения, по цветности, по механизму процессов взаимодействия с титрантом). Примеры типичных индикаторов кислотно-основного титрования. Кривые кислотно-основного титрования. Расчет, построение и анализ типичных кривых титрования сильной и слабой кислоты щелочью, сильного и слабого основания - кислотой. Выбор индикаторов по кривой титрования. Титрование полипротонных кислот. Ошибки кислотно-основного титрования (погрешности, обусловленные физическими измерениями; индикаторные ошибки; причины появления, названия).</p> <p>3.6. Титрование в неводных средах Ограничение методов титрования в водных растворах. Сущность метода кислотно-основного титрования в неводных средах. Классификация растворителей, применяемых в неводном титровании (протонные, апротонные). Влияние природы растворителя на силу (кислотность, основность) растворенного протолита (нивелирующее и дифференцирующее действие растворителей, диэлектрическая проницаемость растворителя). Полнота протекания реакций в неводных растворителях. Факторы, определяющие выбор протолитического растворителя. Применение кислотно-основного титрования в неводных средах (определение слабых кислот, слабых оснований).</p> <p>3.7. Окислительно-восстановительное титрование Сущность метода. Классификация редокс-методов. Условия проведения окислительно-восстановительного титрования. Требования, предъявляемые к реакциям. Виды окислительно-восстановительного титрования (прямое, обратное, заместительное) и расчеты результатов титрования. Индикаторы окислительно-восстановительного титрования. Классификация индикаторов. Окислительно-восстановительные индикаторы (обратимые и необратимые). Показатель титрования индикатора и интервал изменения его окраски. Примеры окислительно-восстановительных индикаторов, часто применяемых в анализе</p>	
--	--	---	--

		<p>(дифениламин, фенантролиновая кислота, ферроин и др.)</p> <p>Кривые окислительно-восстановительного титрования: расчет, построение, анализ. Выбор индикатора на основании анализа кривой титрования.</p> <p>Индикаторные ошибки окислительно-восстановительного титрования, их происхождение, устранение.</p> <p>Перманганатометрическое титрование. Сущность метода. Условия проведения титрования. Титрант, его приготовление, стандартизация. Установление конечной точки титрования. Применение перманганатометрии.</p> <p>Дихроматометрическое титрование. Сущность метода. Титрант, его приготовление. Определение конечной точки титрования. Применение дихроматометрии.</p> <p>Йодиметрическое титрование для определения восстановителей прямым титрованием. Сущность метода. Титрант (стандартный раствор иода, его приготовление, стандартизация, хранение). Условия проведения титрования, определение конечной точки титрования. Применение метода.</p> <p>Йодометрическое титрование для определения окислителей заместительным титрованием. Сущность метода. Титрант (стандартный раствор тиосульфата натрия), его приготовление, стандартизация. Применение метода.</p> <p>Хлорйодиметрическое титрование. Сущность метода. Титрант. Применение хлорйодиметрии.</p> <p>Йодатометрическое титрование. Сущность метода. Титрант. Применение йодатометрии.</p> <p>Броматометрическое титрование. Сущность метода. Титрант. Применение броматометрии.</p> <p>Бромометрическое титрование. Сущность метода. Титрант. Применение бромометрии. Бромид-броматометрия.</p> <p>Нитритометрическое титрование. Сущность метода. Титрант. Индикаторы метода (внешние, внутренние). Применение нитритометрии.</p> <p>Цериметрическое титрование. Сущность метода. Титрант. Применение цериметрии.</p> <p>3.8. Комплексиметрическое титрование</p> <p>Сущность метода. Требования к реакциям в комплексиметрии. Классификация методов и их применение.</p> <p>Комплексонометрическое титрование. Понятие о комплексонах металлов. Равновесие в водных растворах ЭДТА. Состав и устойчивость комплексонов металлов. Сущность метода комплексонометрического титрования. Кривые титрования, их расчет и построение, анализ. Влияние различных факторов на скачок на кривой титрования</p>	
--	--	--	--

		<p>(устойчивость комплексонов, концентрация ионов металла и комплексона, рН раствора). Индикаторы комплексонометрии (металлохромные индикаторы), принцип их действия; требования, предъявляемые к металлохромным индикаторам; интервал изменения окраски индикаторов; примеры металлохромных индикаторов (эриохром черный Т, ксиленоловый оранжевый, мурексид и др.). Выбор металлохромных индикаторов.</p> <p>Титрант метода, его приготовление, стандартизация. Виды (приемы) комплексонометрического титрования (прямое, обратное, заместительное). Ошибки метода, их происхождение, устранение. Меркуриметрическое титрование. Сущность метода. Титрант метода. Применение меркуриметрии.</p> <p>3.9. Осадительное титрование</p> <p>Сущность метода. Требования, предъявляемые к реакциям в методе осадительного титрования. Классификация методов по природе реагента, взаимодействующего с определяемыми веществами (аргентометрия, тиоцианатометрия, меркурометрия, гексацианоферратометрия, сульфатометрия, бариметрия). Приемы осадительного титрования (прямое, обратное). Кривые осадительного титрования, их расчет, построение, анализ. Влияние различных факторов на скачок титрования (концентрация растворов реагентов, растворимость осадка и др.).</p> <p>Индикаторы метода осадительного титрования: осадительные, металлохромные, адсорбционные. Условия применения и выбор адсорбционных индикаторов.</p> <p>Аргентометрическое титрование. Сущность метода. Титрант, его приготовление, стандартизация. Разновидности методов аргентометрии (методы Гей-Люссака, Мора, Фаянса-Фишера-Ходакова, Фольгарда). Применение аргентометрии.</p> <p>Тиоцианатометрическое титрование. Сущность метода. Титрант, его приготовление, стандартизация. Индикатор метода. Применение тиоцианатометрического титрования.</p> <p>Меркурометрическое титрование. Сущность метода. Титрант, его приготовление, стандартизация. Индикаторы метода. Применение меркурометрии.</p> <p>Гексацианоферратометрическое титрование. Сущность метода. Титрант, его приготовление, стандартизация. Применение гексацианоферратометрии.</p> <p>Сульфатометрическое и бариметрическое титрования. Сущность методов. Титранты. Индикаторы методов. Применение сульфатометрии и бариметрии.</p> <p>Ошибки осадительного титрования.</p>	
--	--	---	--

4	Физико-химические методы анализа.	<p>4.1. Общая характеристика инструментальных (физико-химических) методов анализа, их классификация, достоинства и недостатки.</p> <p>4.2. Оптические методы анализа</p> <p>Общий принцип метода. Классификация оптических методов анализа (по изучаемым объектам, по характеру взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, по используемой области электромагнитного спектра, по природе энергетических переходов).</p> <p>Молекулярный спектральный анализ в ультрафиолетовой и видимой области спектра</p> <p>Сущность метода. Цвет и спектр. Основные законы светопоглощения Бугера. Объединенный закон светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность (A) и светопропускание (T), связь между ними. Коэффициент поглощения света (k) и коэффициент погашения - молярный (ϵ) и удельный ($E_{1\text{см}}^{1\%}$); связь между молярным коэффициентом погашения и коэффициентом поглощения света ($k = 2,3 \epsilon$), аддитивность оптической плотности, приведенная оптическая плотность. Принципиальная схема получения спектра поглощения.</p> <p>Понятие о происхождении электронных спектров поглощения; особенности электронных спектров поглощения органических и неорганических соединений.</p> <p>Методы абсорбционного анализа; колориметрия, фотоэлектроколориметрия, спектрофотометрия.</p> <p>Колориметрия. Метод стандартных серий, метод уравнивания окрасок, метод разбавления. Их сущность. Применение в фармации.</p> <p>Фотоколориметрия, фотоэлектроколориметрия. Сущность методов, достоинства и недостатки, применение.</p> <p>Количественный фотометрический анализ. Условия фотометрического определения (выбор фотометрической реакции, аналитической длины волны, концентрации раствора и толщины поглощающего слоя, использование раствора сравнения). Определение концентрации анализируемого раствора: метод градуировочного графика, метод одного стандарта, определение концентрации по молярному (или удельному) коэффициенту погашения, метод добавок стандарта. Определение концентрации нескольких веществ при их совместном присутствии.</p> <p>Дифференциальный фотометрический анализ. Сущность метода, способы определения концентраций (расчетный метод, метод градуировочного графика).</p> <p>Погрешности спектрофотометрического анализа, их природа, устранение.</p>	ПК-10
---	-----------------------------------	--	-------

		<p>Экстракционно-фотометрический анализ. Сущность метода. Условия проведения анализа. Фотометрические реакции в экстракционно-фотометрическом методе. Применение метода. Понятие о фотометрическом титровании.</p> <p>4.3. Люминесцентный анализ. Сущность метода. Классификация различных видов люминесценции. Флуоресцентный анализ. Природа флуоресценции. Основные характеристики люминесценции: спектр флуоресценции, закон Стокса-Ломмеля, правило зеркальной симметрии Левшина, квантовый выход флуоресценции, закон (правило) С.И. Вавилова. Количественный флуоресцентный анализ: принципы анализа, условия проведения анализа, люминесцентные реакции. Способы определения концентрации вещества (метод градуировочного графика, метод одного стандарта). Применение флуоресцентного анализа. Экстракционно-флуоресцентный анализ. Титрование с применением флуоресцентных индикаторов.</p> <p>4.4. Хроматографические методы анализа Ионообменная хроматография. Сущность метода. Иониты. Ионообменное равновесие, методы ионообменной хроматографии. Применение ионообменной хроматографии. Газовая (газожидкостная и газоадсорбционная) хроматография. Сущность метода. Понятие о теории метода. Параметры удерживания, параметры разделения (степень разделения, коэффициент разделения, число теоретических тарелок). Влияние температуры на разделение. Практика метода. Особенности проведения хроматографирования. Методы количественной обработки хроматограмм (абсолютной калибровки, внутренней нормализации, внутреннего стандарта). Применение в фармации. Жидкостная хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография. Сущность метода. Применение высокоэффективной жидкостной хроматографии в фармации. Понятие о комбинированных методах: хромато-масс-спектрометрия, хроматоспектрофотометрия. Капиллярный электрофорез.</p> <p>4.5. Электрохимические методы анализа Общие понятия. Классификация электрохимических методов анализа. Методы без наложения и с наложением внешнего потенциала: прямые и косвенные электрохимические методы. Кондуктометрический анализ (кондуктометрия) Принцип метода, основные понятия. Связь концентраций растворов электролитов с их электрической проводимостью.</p>	
--	--	--	--

		<p>Прямая кондуктометрия. Определение концентрации анализируемого раствора по данным измерения электропроводности (расчетный метод, метод градуировочного графика).</p> <p>Кондуктометрическое титрование. Сущность метода. Типы кривых кондуктометрического титрования. Понятие о высокочастотном кондуктометрическом титровании.</p> <p>Потенциометрический анализ (потенциометрия). Принцип метода. Определение концентрации анализируемого раствора в прямой потенциометрии (метод градуировочного графика, метод стандартных добавок). Применение прямой потенциометрии.</p> <p>Потенциометрическое титрование. Сущность метода. Кривые потенциометрического титрования (интегральные, дифференциальные). Применение потенциометрического титрования.</p> <p>Полярографический анализ (полярография)</p> <p>Общие понятия. Принцип метода. Полярографические кривые, потенциал полуволны, связь величины диффузионного тока с концентрацией. Количественный полярографический анализ; определение концентрации анализируемого раствора (метод градуировочного графика, метод стандартных растворов). Условия проведения полярографического анализа. Применение полярографии.</p> <p>Амперометрическое титрование. Сущность метода. Условия проведения амперометрического титрования. Кривые амперометрического титрования. Применение амперометрического титрования. Понятие об амперометрическом титровании с двумя индикаторными электродами. Электрохимические сенсоры.</p> <p>Понятие об электрогравиметрическом анализе.</p> <p>Кулонометрический анализ. Принципы метода. Прямая кулонометрия. Сущность прямой кулонометрии при постоянном потенциале. Способы определения количества электричества, прошедшего через раствор в прямой кулонометрии.</p> <p>Кулонометрическое титрование. Сущность метода. Условия проведения кулонометрического титрования. Индикация точки эквивалентности. Применение кулонометрического титрования.</p>	
--	--	--	--

4.2 Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной работы					Всего час.
		аудиторная				внеауд.	
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. занятия	Семинары	СРС	
1	Общие теоретические основы аналитической химии	16	-	24	-	20	60
2	Качественный анализ	-	-	24	-	20	44
3	Количественный анализ	39	-	96	-	40	175
4	Физико-химические методы	17	-	24	-	40	81
Итого:		72	-	168	-	120	360

5. Тематический план лекций

№ ра зд.	Раздел дисциплины	Тематика лекций	Трудоёмкость (час)
1	Общетеоретические основы аналитической химии	Л 1. Аналитическая химия и химический анализ. Основные понятия: Метод анализа, методика анализа, качественный и количественный анализ, элементный, фазовый, функциональный. Типы аналитических реакций и реагентов, чувствительность реакций. Краткий методический очерк развития аналитической химии. Классификация методов анализа.	2
		Л 2. Применение теории растворов электролитов и закона действующих масс (З.Д.М.) в аналитике. Характеристика сильных и слабых электролитов. Активная концентрация ионов в растворе. Ионная сила раствора. Химическое равновесие и константа химического равновесия. Решение типовых задач.	2
		Л 3. Гетерогенное равновесие в системе осадок-насыщенный раствор малорастворимого электролита.(М.Р.). Способы выражения растворимости МР электролита. Произведение растворимости МР электролита. Условия образования осадков. Дробные осаждения и растворения. Влияние различных факторов на осаждение МР электролитов и их растворение. Решение типовых задач.	2
		Л 4. Кислотно-основные равновесия в аналитической химии. Протолитическая теория кислот и оснований. Протолитические равновесия в воде. Константы кислотности, основности, рН растворов сильных и слабых кислот и оснований. Гидролиз. Константа и степень гидролиза растворов солей, их рН. Буферные растворы, значение рН, применение. Решение типовых задач.	4
		Л 5. Окислительно-восстановительные равновесия в аналитической химии. Окислительно-восстановительные системы, потенциалы редокс-пар, ЭДС реакции. Влияние различных факторов на протекание окислительно-восстановительных реакций.	2
		Л 6. Равновесие комплексообразования в аналитической химии. Характеристика и структура комплексных соединений. Константы устойчивости и нестойкости комплексных соединений. Влияние рН растворов, температуры и других факторов на комплексообразование в растворах.	2

		Л 7. Применение органических реагентов в аналитической химии. Характеристика свойств и устойчивости внутрикомплексных соединений. Использование органических соединений. Использование органических соединений в фармакопейном анализе.	2
2	Количественный анализ	Л 8. Гравиметрический анализ. Методы: осаждения, отгонки, выделения, термогравиметрия. Основные этапы гравиметрического определения; осаждаемая и весовая формы; условия образования аморфных и кристаллических осадков. Применение в фармации.	2
		Л 9. Количественный анализ: Классификация методов, требования к реакциям. Общая характеристика титриметрического анализа, виды титрования, титранты, их приготовление и стандартизация. Типовые расчеты в прямом, обратном, косвенном титровании. Решение типовых задач.	4
		Л 10. Кислотно-основное титрование. Алкалиметрия, ацидиметрия. Индикация точки эквивалентности. Теории индикаторов: ионная, хромоформная, ионно-хромоформная. рТ индикатора. Принцип выбора индикатора.	2
		Л 11. Кислотно-основное титрование сильных и слабых кислот. Расчет, построение, анализ кривых титрования. Выбор индикатора. Титрование полипротонных кислот.	3
		Л 12. Кислотно-основное титрование сильных и слабых оснований. Расчет, построение, анализ кривых титрования. Выбор индикатора по кривой титрования.	2
		Л 13. Кислотно-основное титрование солей. Определение возможности титрования, выбор титранта, индикатора. Ошибки кислотно-основного титрования: визуальная, химические, индикаторные. Способы нивелирования ошибок титрования.	3
		Л 14. Кислотно-основное титрование смесей. Определение возможности суммарного или дифференцированного титрования компонентов смесей, составление методики титрования, вывод расчетных формул.	2
		Л 15. Кислотно-основное титрование в неводных средах. Сущность метода. Классификация растворителей: протогенные, протофильные, амфипротные. Дифференцирующее и нивелирующее действие растворителей. Факторы, определяющие выбор растворителя. Титранты метода. Титрование слабых кислот, слабых оснований, солей органических оснований. Применение в фармакопейном анализе.	2

	Л 16. Статистическая обработка результатов количественного анализа. Правильность и воспроизводимость; ошибки систематические, случайные. Математическая статистика в количественном анализе. Метрологическая аттестация методов. Сравнение двух методов по правильности и воспроизводимости.	2
	Л 17. Окислительно-восстановительное титрование. Классификация методов, виды титрования, индикация точки эквивалентности, кривые титрования, ошибки титрования. Перманганатометрия.	2
	Л 18. Иоди- иодометрия. Иодхлорметрия. Сущность методов. Титранты, их приготовление, стандартизация. Условия проведения титрования. Титрование прямое, обратное, косвенное. Применение. Иодатометрия.	4
	Л 19. Бром- ,бромато-,бромид-броматометрия. Сущность методов, титранты, их приготовление, стандартизация. Условия прямого и обратного титрования. Дихроматометрия.	2
	Л 20. Нитритометрия. Определение окислителей, восстановителей, ароматических аминов. Индикаторы метода: внутренние, внешние Титрант метода, его приготовление, стандартизация. Применение метода. Цериметрия. Сущность метода, титрант метода. Условия титрования. Применение.	2
	Л 21. Осадительное титрование. Сущность метода. Классификация методов: аргентометрия, тиоцианатометрия, меркурометрия, сульфатометрия, гексацианоферратометрия, титрование солями бария. Виды титрования, кривые титрования. Индикаторы: осадительные, металлохромные, адсорбционные. Ошибки титрования. Методы Мора, Фольгарда, Фаянса-Фишера-Ходакова.	4
	Л 22. Комплексиметрия. Сущность метода. Классификация методов. Комплексонометрия. Титранты, их приготовление, стандартизация. Кривые титрования. Состав и устойчивость комплексонов металлов. Металлохромные индикаторы, принцип работы индикаторов, условия их выбора. Меркуриметрия.	3

3	Физико-химические методы анализа	Л 23. Оптические методы анализа. Классификация. Законы светопоглощения. Спектры поглощения. Качественный и количественный анализ. Способы измерения и расчета в количественном анализе: методы градуировочного графика, сравнения со стандартом, добавок, дифференциальный, экстракционно-фотометрический, фотометрическое титрование, определение по оптической константе.	4
		Л 24. Методы абсорбционного анализа: колориметрия, фотоэлектроколориметрия, спектрофотометрия. Нефелометрия и турбидиметрия. Люминисцентный метод анализа. ИК-спектроскопия. Масс-спектрометрия. Решения типовых задач.	4
		Л 25. Метрологическая аттестация результатов количественного физико-химического анализа. Расчет и статистическая оценка параметров линейной зависимости. Корреляционный и регрессионный анализ.	2
		Л 26. Хроматографические методы анализа. Сущность метода; принципы классификации. Виды хроматографии. Использование в качественном и количественном анализе. Теории хроматографических процессов. Применение в фармации.	4
		Л 27. Электрохимические методы анализа. Общие понятия, классификация. Потенциометрия, полярография, кондуктометрия, кулонометрия, амперометрия. Применение в фармации. Решение типовых задач.	3
Итого:		72	

6. Тематический план практических занятий не предусмотрены

7. Лабораторный практикум

№ раз-дела	Раздел дисциплины	Наименование лабораторных занятий	Формы контроля		Трудо-емкость (час.)
			текущего	рубежного	
2	Качественный анализ	ЛЗ. 1. Правила работы и техника безопасности в химической лаборатории. Качественный химический анализ. Аналитические реакции: специфические, селективные, групповые. Классификация катионов. Решение задач на открываемый минимум, предельное разбавление.	Устный опрос, решение ситуационных задач, тест-контроль		6
		ЛЗ. 2. Протолитическая теория кислот и оснований. Характеристика сильных и слабых электролитов, расчет рН их растворов.	Устный опрос, решение ситуационных задач, тест-контроль		6
		ЛЗ. 3. Гидролиз. Вычисление рН растворов солей, подвергающихся гидролизу. Буферные системы	Устный опрос, решение ситуационных задач, тест-контроль		6
		ЛЗ. 4. Применение закона действующих масс к равновесиям комплексообразования. Характеристика комплексных и внутрикомплексных соединений	Устный опрос, решение ситуационных задач, тест-контроль		6
		ЛЗ. 5-6. Методы разделения и концентрирования веществ в аналитической химии. Применение органических реагентов и экстракции в качественном анализе. Классификация анионов по группам. Использование физико-химических методов в качественном анализе.	Устный опрос, решение ситуационных задач, тест-контроль		12
		ЛЗ. 7-8. Анализ сухой соли	Устный опрос, решение ситуационных задач, тест-контроль	Контрольная работа	12

3	Количес- венный анализ	ЛЗ. 9. Введение в объемный анализ. Способы выражения концентрации в титриметрии. Техника работы с техническими и аналитическими весами. Гравиметрия.	Устный опрос, решение задач		6
		ЛЗ.10. Титрованные растворы, их стандартизация. Типовые расчеты в прямом и обратном титровании. Гравиметрия	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6
		ЛЗ.11. Алкалиметрия сильных и слабых кислот. Расчет, построение, анализ кривых титрования. Выбор индикатора. Расчет химических ошибок титрования	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6
		ЛЗ.12. Ацидиметрия сильных и слабых оснований. Расчет, построение, анализ кривых титрования. Выбор индикатора. Расчет химических ошибок титрования.	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6
		ЛЗ.13. Кислотно-основное титрование простых солей типа: NH_4Cl , HCOOK , гидроксилamina г/х. Определение возможности и условий титрования. Выбор титранта и индикатора.	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6
		ЛЗ.14. Кислотно-основное титрование многоосновных кислот. Кривые титрования, выбор индикатора, расчет химических ошибок. Титрование средних и кислых солей многоосновных кислот. Расчет рН исходного раствора	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной-		6

	соли, определение возможности титрования, выбор титранта, индикатора. Расчет содержания вещества.	ной работе		
	ЛЗ.15-16. Кислотно-основное титрование смесей, суммарное титрование, расчет содержания среднеориентировочному и среднеарифметическому титру, составление методик титрования, выбор индикатора. Дифференцированное титрование смесей. Вывод формул расчета содержания компонентов графическим и математическим способом. Статистическая обработка результатов химического определения. Оценка воспроизводимости метода.	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		12
	ЛЗ.17-18. Неводное титрование. Статистическая обработка результатов химического определения. Оценка правильности метода. Сравнение двух методов анализа по правильности и воспроизводимости.	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе	Контрольная работа	12
	ЛЗ. 19. Окислительно-восстановительное титрование. Сущность метода, индикаторы, кривые титрования. Перманганатометрия: прямая, обратная, реверсивная, косвенная.	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6
	ЛЗ. 20. Нитритометрия. Возможности окислительного, восстановительного титрования, определение ароматических аминов.	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6

		ЛЗ. 21. Иоди-, иодометрия. Хлориодометрия, иодатометрия	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6
		ЛЗ. 22. Бромато-, бромид-броматометрия. Косвенное определение металлов с 8-оксихинолином.	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе	Контрольная работа	6
		ЛЗ. 23. Методы осаждения.	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6
		ЛЗ. 24. Комплексо-комплексометрия	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6
4	Физико-химические методы анализа	ЛЗ. 25. Турбидиметрия. Нефелометрия	Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе		6

	<p>ЛЗ. 26. Оптические методы анализа. Фотоэлектроколориметрия. Спектрофотометрия в видимой и УФ-областях спектра. Метод калибровочного графика, сравнения со стандартом, дифференциальный. Вычисление удельного и молярного показателей поглощения. Расчет параметров калибровочного графика по уравнению линейной регрессии. Флуориметрия. ИК-спектроскопия. Масс-спектроскопия.</p>	<p>Отчет по индивидуальным домашним заданиям, решение задач, устный опрос, отчет по экспериментальной работе</p>		6
	<p>ЛЗ. 27. Хроматографические методы анализа. Сущность. Классификация методов по механизму разделения, аппаратному оформлению, агрегатному состоянию фаз, технике элюирования. Качественный и количественный анализ.</p>	<p>Устный опрос, отчет по экспериментальной работе, рефераты</p>		6
	<p>ЛЗ. 28. Электрохимические методы анализа - кондуктометрия, потенциометрия, полярография, амперометрия, кулонометрия, амперометрия.</p>	<p>Устный опрос, отчет по экспериментальной работе, рефераты</p>	Контрольная работа	6

8.1 Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Раздел дисциплины	Наименование работ	Трудо-емкость (час)
1	1.2	Выполнение заданий домашней самоподготовки и изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	5
	1.3		5
	1.5		5
	1.10		5
	1.11		5
	2.2		5
	3.1		5
	3.2		5
	3.3		5
	3.6		5
	3.9		5
	4.2		5
	4.3		5
	4.4		5
	4.5		5
2	1	Подготовка к контрольной работе	5
	2		5
	3		5
	4		5
3	3.3	Другие виды самостоятельной работы (реферат)	10
	4.2		10
Итого:			120

8.2 Тематика курсовых проектов (работ) и/или рефератов

- Фотометрия пламени,
- Рентгеноспектральные методы анализа,
- Кондуктометрия,
- Электролиз и кулонометрия,
- Радиометрические методы анализа,
- Масс-спектрометрия,
- Кинетические методы анализа,
- Термометрическое титрование,
- Газо-жидкостная хроматография,
- Жидкость- жидкостная хроматография.

8.3 Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Данный раздел рабочей программы разрабатывается в качестве самостоятельного документа «Методические рекомендации для студента» в составе УМКД

9. Ресурсное обеспечение

9.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год, место издания	Кол-во экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1.	Аналитическая химия. Аналитика в 2-х кн. Общие теоретические основы. Качественный анализ.	Харитонов Ю. Я.	М. Высшая школа 2005	97	4
2.	Количественный анализ. Физико-химические (инстр.) методы анализа	Харитонов Ю. Я.	М. Высшая школа 2005	97	4
3.	Титриметрические и гравиметрические методы анализа	Васильев В. П.	М. Дрофа 2005	150	4
4.	Физико-химические методы анализа	Васильев В. П.	М. Дрофа 2005	150	4
5.	Аналитическая химия. Практикум	Ю.Я. Харитонов, В.Ю. Григорьева	М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007	97	4

9.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год, место издания	Кол-во экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1.	Примеры и задачи по аналитической химии: Уч. пособие для студентов, обуч. по спец. фармация	Ю. А. Харитонов	М. ГЭОТАР-Медиа 2009	3	1
2.	Аналитическая химия: Учебник: В 2-х т. Т.1, Т.2: Пер. с англ.	Г. Кристиан	М. БИНОМ 2009	2	1

9.3 Программное обеспечение

Программный пакет Microsoft Office 2010.

9.4 Ресурсы информационно-телекоммуникативной сети «Интернет»

www.studmedlib.ru/ - база данных «Консультант студента»;
www.pubchem.com/ – База данных PubChem;
www.anchem.ru/ - портал по аналитической химии;
www.rusanalytchem.org/ - портал аналитической химии в РФ;
www.chemequ.ru/ - электронный справочник по аналитической химии.

9.5 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций,
- аудитория, оснащенная мультимедийной техникой: проектор, экран, ноутбук

Практические занятия:

- химические лаборатории, оснащенные специальным оборудованием;
- химические реактивы;
- химическая посуда;
- набор для тонкослойной хроматографии.

Приборы:

- газовые горелки и электроплитки;
- сушильные шкафы и муфельные печи;
- аналитические весы;
- рН-метры;
- кулонометрические установки;
- фотоэлектроколориметры;
- спектрофотометры;
- амперометрические установки;
- установка для электрофореза;
- персональные компьютеры;
- термометры, водяные бани, макро- и микробюретки, пипетки, колбы, штативы, магнитные мешалки;
- лекционный мультимедийный проектор;
- демонстрационные таблицы и плакаты (стационарные и разовые).

Список таблиц, используемых на лекционных и лабораторных занятиях

1. Таблица: Периодическая система элементов Д.И.Менделеева
2. Таблица растворимости
3. Расчет рН сильных и слабых электролитов
4. Кривые титрования:
 - сильных и слабых кислот
 - сильных и слабых оснований
 - многоосновных кислот
 - солей многоосновных кислот
 - окислительно- восстановительного определения
 - осаждения (кривая титрования 0.1 М р-ра NaCl нитратом серебра)
5. Ошибки кислотно - основного титрования

6. Константы устойчивости комплексов металлов с ЭДТА
7. α_4 в растворах различных pH
8. Индикаторы кислотно-основного титрования
9. Металлохромные индикаторы
10. Неводное титрование слабых оснований (атропина сульфат)
11. Основные статистические характеристики выборки
12. Метрологическая аттестация воспроизводимости метода
13. Систематические параметры калибровочного графика
14. Виды хроматографии и форма аппаратурного оформления
15. Разрешение хроматограмм
16. Спектры поглощений и флюоресценции
17. Виды кривых в фотометрическом титровании

10. Использование инновационных (активных и интерактивных) методов обучения

Используемые активные методы обучения при изучении данной дисциплины составляют 89% от объема аудиторных занятий.

№	Наименование раздела	Формы занятий с использованием активных и интерактивных образовательных технологий	Трудоемкость (час.)
1.	Качественный анализ	Лабораторные занятия в форме практикума. ЛЗ 1 ЛЗ 2 ЛЗ 3 ЛЗ 4 ЛЗ 5 ЛЗ 6 ЛЗ 7 ЛЗ 8	6 6 6 6 6 6 6 6
2.	Количественный анализ	Лабораторные занятия в форме практикума. ЛЗ 10 ЛЗ 11 ЛЗ 12 ЛЗ 13 ЛЗ 14 ЛЗ 15 ЛЗ 16 ЛЗ 17 ЛЗ 18 ЛЗ 19 ЛЗ 20 ЛЗ 21 ЛЗ 22 ЛЗ 23 ЛЗ 24	6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
3.	Физико-химические методы анализа	Лабораторные занятия в форме практикума. ЛЗ 25 ЛЗ 26	6 6
Итого			150

11. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации

Процедура проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

Перечень вопросов для подготовки к экзамену по аналитической химии

1. Аналитическая химия и химический анализ. Основные понятия аналитической химии: метод анализа вещества, методика анализа, качественный анализ, количественный анализ, элементный анализ, функциональный анализ, молекулярный анализ, фазовый анализ.
2. Аналитические признаки веществ и аналитические реакции. Характеристика чувствительности аналитических реакций (предельное разбавление, предельная концентрация, минимальный объем предельно разбавленного раствора, предел обнаружения, показатель чувствительности).
3. Подготовка образца к анализу. Средняя проба. Отбор средней пробы жидкости, твердого тела (однородного и неоднородного вещества). Масса пробы. Растворение пробы (в воде, в водных растворах кислот, в других растворителях), обработка пробы или ее сплавление с солями.
4. Сильные и слабые электролиты. Общая концентрация и активности ионов в растворе. Ионная сила раствора. Влияние ионной силы раствора на коэффициенты активности ионов. Характеристика рН водных растворов электролитов.
5. Применение закона действующих масс в аналитической химии. Химическое равновесие. Константа химического равновесия (истинная термодинамическая, концентрационная). Условная константа химического равновесия.
6. Равновесие в системе осадок - насыщенный раствор малорастворимого сильного электролита. Способы выражения растворимости малорастворимых электролитов. Произведение растворимости малорастворимого сильного электролита. Условия образования осадков малорастворимых сильных электролитов.
7. Понятие о протолитической теории кислот и оснований. Характеристика силы слабых кислот и оснований. Константы кислотности, основности и их показатели. Значения рН растворов слабых кислот и слабых оснований.
8. Гидролиз солей как частный случай кислотно-основного равновесия. Константа и степень гидролиза.
9. Вычисление значений рН в растворах средних солей, подвергающихся гидролизу по катиону, по аниону, по катиону и аниону одновременно, кислых солей.
10. Функция воды в процессе гидролиза.
11. Буферные системы (растворы). Значение рН буферных растворов: буферные системы, содержащие слабую кислоту и ее соль, слабое основание и ее соль. Буферная ёмкость. Использование буферных систем в анализе.
12. Окислительно - восстановительные потенциалы редокс-пар (редокс-потенциалы, электродные окислительно - восстановительные потенциалы). Потенциал реакции (электродвижущая сила реакции). Направление протекания окислительно - восстановительной реакции.
13. Влияние различных факторов на значения окислительно - восстановительных потенциалов и направление протекания окислительно - восстановительных реакций. Использование окислительно-восстановительных реакций в химическом анализе.
14. Общая характеристика комплексных (координационных) соединений металлов. Константы устойчивости и константы нестойкости комплексных соединений. Условные константы устойчивости комплексов. Влияние различных факторов на процессы комплексообразования в растворах. Типы комплексных соединений, применяемых в аналитической химии. Применение комплексных соединений в химическом анализе.

15. Качественный химический анализ. Классификация методов качественного анализа (дробный и систематический, макро-, полумикро-, микро-, ультрамикрoанализ)
16. Основные понятия и определения: групповой, избирательный и специфический реагенты (привести примеры реагентов).
17. Аналитическая классификация катионов по группам: сероводородная (сульфидная), аммиачно-фосфатная, кислотнo-основная.
18. Аналитические классификации анионов по группам: по способности к образованию малорастворимых соединений, по окислительно-восстановительным свойствам.
19. Классификация методов количественного анализа (химические, физико-химические, физические, биологические). Требования, предъявляемые к реакциям в количественном анализе. Роль и значение количественного анализа в фармации.
20. Классификация методов титриметрического анализа: кислотнo-основное, окислительно-восстановительное, осадительное, комплексиметрическое и комплексонометрическое титрование.
21. Основные понятия и определения титриметрического анализа: титрант, титрование, аликвота, точка эквивалентности, конечная точка титрования, индикатор, кривая титрования, степень оттитрованности.
22. Требования, предъявляемые к реакциям в объемном анализе.
23. Реактивы, применяемые в титриметрическом анализе, основной и вспомогательный титранты, первичный и вторичный стандарт, стандартизация, установочное вещество.
24. Способы выражения концентрации в титриметрическом анализе (молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр, титриметрический фактор пересчета (титр по определяемому веществу), поправочный коэффициент).
25. Расчет массы стандартного вещества, необходимой для приготовления титранта. Расчет концентрации титранта при его стандартизации. Расчет массы и массовой доли определяемого вещества по результатам титрования.
26. Виды титрования в объемном анализе: прямое, обратное, косвенное, реверсивное. Графические схемы выше указанных видов титрования и формулы расчета массы навески определяемого вещества.
27. Кислотно-основное титрование сильных кислот в водной среде. Кривая титрования. Принцип расчета основных точек на кривой титрования. Подбор индикаторов и виды ошибок.
28. Кислотно-основное титрование сильных оснований в водной среде. Кривая титрования. Принцип расчета основных точек на кривой титрования. Подбор индикаторов и виды ошибок.
29. Кислотно-основное титрование слабых кислот в водной среде. Оценка возможности титрования слабых кислот. Кривая титрования. Принцип расчета основных точек на кривой титрования. Подбор индикаторов и виды ошибок.
30. Кислотно-основное титрование слабых оснований в водной среде. Оценка возможности титрования слабых оснований. Кривая титрования. Принцип расчета основных точек на кривой титрования. Подбор индикаторов и виды ошибок.
31. Кислотно-основное титрование солей однопротонных электролитов в водной среде. Оценка возможности титрования солей однопротонных электролитов. Кривая титрования. Принцип расчета основных точек на кривой титрования. Подбор индикаторов и виды ошибок.
32. Кислотно-основное титрование многоосновных кислот в водной среде. Оценка возможности титрования многоосновных кислот. Дифференцированное и суммарное титрование многоосновных кислот по ступеням. Кривая титрования. Принцип расчета основных точек на кривой титрования. Подбор индикаторов и виды ошибок.
33. Кислотно-основное титрование смеси сильных электролитов в водной среде. Принцип расчета точки начала титрования и точки эквивалентности смеси. Подбор индикаторов. Формулы для расчета массы навески компонентов смеси.

34. Кислотно-основное титрование смеси слабых электролитов в водной среде. Дифференцированное и суммарное титрование компонентов смеси. Графические схемы дифференциального и суммарного титрования смеси. Принцип расчета точки начала титрования и точки эквивалентности смеси. Подбор индикаторов. Формулы для расчета массы навески при суммарном и дифференцированном титровании компонентов смеси.

35. Кислотно-основное титрование смеси сильного и слабого электролита в водной среде. Дифференцированное и суммарное титрование компонентов смеси. Графические схемы дифференциального и суммарного титрования смеси. Принцип расчета точки начала титрования и точки эквивалентности смеси. Подбор индикаторов. Формулы для расчета массы навески при суммарном и дифференцированном титровании компонентов смеси.

36. Сущность метода кислотно-основного титрования в неводных средах. Классификация растворителей, применяемых в неводном титровании (протонные, апротонные).

37. Влияние природы растворителя на силу (кислотность, основность) растворенного протолита (нивелирующее и дифференцирующее действие растворителей). Факторы, определяющие выбор протолитического растворителя.

38. Применение кислотно-основного титрования в неводных средах (определение слабых кислот, слабых оснований).

39. Окислительно-восстановительное титрование: сущность метода. Основные понятия и определения: окислитель, восстановитель. Классификация редокс-методов. Условия проведения окислительно-восстановительного титрования. Требования, предъявляемые к реакциям.

40. Виды окислительно-восстановительного титрования (прямое, обратное, заместительное) и расчеты результатов титрования.

41. Индикаторы окислительно-восстановительного титрования. Классификация индикаторов. Окислительно-восстановительные индикаторы (обратимые и необратимые).

42. Перманганатометрия. Сущность метода. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Виды перманганатометрического титрования и определяемые вещества. Графическая схема титрования. Условия титрования. Индикация точки конца титрования.

43. Нитритометрия. Сущность метода. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Определение первичных и вторичных ароматических аминов, ароматических нитросоединений. Графические схемы титрования. Условия титрования. Индикация точки конца титрования.

44. Йодиметрия и йодометрия. Сущность методов. Титранты методов, их приготовление и стандартизация. Определение восстановителей и окислителей. Графические схемы титрования. Условия титрования. Индикация точки конца титрования.

45. Броматометрия. Бромид-броматометрия. Сущность методов. Титранты методов, их приготовление и стандартизация. Прямое и обратное титрование. Определяемые вещества. Графические схемы титрования. Условия титрования. Индикация точки конца титрования.

46. Броматометрическое определение металлов с 8-оксихинолином. Сущность метода. Прямое и обратное титрование. Графические схемы. Условия титрования. Индикация точки конца титрования. Расчет фактора эквивалентности определяемого металла. Расчет навески определяемого вещества.

47. Комплексиметрическое титрование: сущность метода и общая характеристика. Требования к реакциям в комплексиметрии. Классификация методов комплексиметрического титрования и их применение.

48. Комплексонометрия: общая характеристика метода, понятие о комплексонах, константе устойчивости комплексных соединений. Приготовление и стандартизация титранта метода. Химическая реакция, лежащая в основе метода комплексонометрии и условия комплексонометрического титрования.

49. Виды комплексонометрического титрования (прямое, обратное, заместительное) с примерами определяемых металлов. Графические схемы титрования.

50. Расчет минимального значения рН для трилонометрического титрования металлов.

51. Индикаторы комплексонометрии (металлохромные индикаторы), принцип их действия; требования, предъявляемые к металлохромным индикаторам; интервал изменения окраски индикаторов; примеры металлохромных индикаторов (эриохром черный Т, ксиленоловый оранжевый, мурексид и др.). Выбор металлохромных индикаторов.

52. Особенности индикация точки конца титрования в трилонометрии. Принцип работы металлохромных индикаторов.

53. Особенности расчета массы навески определяемого вещества в зависимости от способа выражения концентрации титранта в трилонометрии.

54. Меркуриметрия: титрант метода, определяемые вещества, условия титрования, химические реакции, лежащие в основе методов, графическая схема титрования, индикация точки конца титрования, факторы эквивалентности и расчет навески определяемых веществ. Особенности меркуриметрического определения йодидов.

55. Осадительное титрование: сущность метода. Требования, предъявляемые к реакциям в методе осадительного титрования.

56. Классификация методов по природе реагента, взаимодействующего с определяемыми веществами (аргентометрия, тиоцианатометрия, меркурометрия, гексацианоферратометрия, сульфатометрия, бариметрия).

57. Индикаторы метода осадительного титрования: осадительные, металлохромные, адсорбционные. Условия применения и выбор адсорбционных индикаторов.

58. Аргентометрия: метод Мора. Сущность метода. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Определяемые вещества. Условия титрования. Графическая схема титрования. Индикация точки конца титрования.

59. Аргентометрия: метод Фаянса. Сущность метода. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Определяемые вещества. Условия титрования. Графическая схема титрования. Индикация точки конца титрования.

60. Аргентометрия: метод Фольгарда. Сущность метода. Титранты метода, их приготовление и стандартизация. Определяемые вещества. Условия титрования. Графическая схема титрования. Индикация точки конца титрования. Особенности определения хлоридов.

61. Меркурометрия: титрант метода, определяемые вещества, условия титрования, химические реакции, лежащие в основе методов, графическая схема титрования, индикация точки конца титрования, факторы эквивалентности и расчет навески определяемых веществ.

62. Инструментальные методы анализа: общая характеристика инструментальных (физико-химических) методов анализа, их классификация, достоинства и недостатки.

63. Оптические методы анализа. Оптические свойства веществ. Общий принцип метода.

64. Классификация оптических методов анализа (по изучаемым объектам, по характеру взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, по используемой области электромагнитного спектра, по природе энергетических переходов).

65. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность. Молярный (ϵ) и удельный ($E_{1\text{см}}^{1\%}$) коэффициенты поглощения.

66. Нефелометрия и турбидиметрия. Сущность методов и их применение для количественного анализа. Способы расчетов количественного содержания определяемого вещества.

67. Фотоэлектроколориметрия. Сущность метода, достоинства и недостатки, применение. Возможность применения метода для качественного и количественного анализа.

68. Спектрофотометрия. Сущность метода. Достоинства и недостатки. Применение метода для качественного и количественного анализа.

69. Условия фотометрического определения (выбор фотометрической реакции, аналитической длины волны, концентрации раствора и толщины поглощающего слоя, использование раствора сравнения).
70. Определение концентрации анализируемого раствора: метод градуировочного графика, метод сравнения со стандартом, определение концентрации по молярному или удельному коэффициенту поглощения, метод добавок стандарта.
71. Дифференциальный фотометрический анализ.
72. Люминесцентный анализ: сущность метода. Классификация различных видов люминесценции.
73. Флуоресцентный анализ. Природа флуоресценции.
74. Основные характеристики люминесценции: спектр флуоресценции, закон Стокса-Ломмеля, правило зеркальной симметрии Левшина, квантовый выход флуоресценции, закон (правило) С.И. Вавилова.
75. Количественный флуоресцентный анализ: принципы анализа, условия проведения анализа, люминесцентные реакции. Способы определения концентрации вещества (метод градуировочного графика, метод одного стандарта).
76. Хроматография, сущность метода. Классификация хроматографических методов анализа: по механизму разделения веществ, по агрегатному состоянию фаз, по технике эксперимента, по способу относительного перемещения фаз.
77. Тонкослойная хроматография (ТСХ). Сущность метода ТСХ. Коэффициент подвижности, относительный коэффициент подвижности, степень (критерий) разделения, коэффициент разделения. Материалы и растворители, применяемые в методе ТСХ.
78. Ионообменная хроматография. Сущность метода. Иониты. Ионообменное равновесие, методы ионообменной хроматографии. Применение ионообменной хроматографии.
79. Газовая (газожидкостная и газоадсорбционная) хроматография. Сущность метода. Понятие о теории метода. Параметры удерживания, параметры разделения (степень разделения, коэффициент разделения, число теоретических тарелок). Влияние температуры на разделение.
80. Жидкостная хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография. Сущность метода. Применение высокоэффективной жидкостной хроматографии в фармации.
81. Методы количественной обработки хроматограмм (абсолютной калибровки, внутренней нормализации, внутреннего стандарта). Применение в фармации.
82. Понятие о комбинированных методах: хромато-масс-спектрометрия, хроматоспектрофотометрия.
83. Электрохимические методы анализа: общие понятия. Классификация электрохимических методов анализа.
84. Кондуктометрический анализ (кондуктометрия). Принцип метода, основные понятия. Определение концентрации анализируемого раствора по данным измерения электропроводности (расчетный метод, метод градуировочного графика). Кондуктометрическое титрование.
85. Потенциометрический анализ (потенциометрия). Принцип метода. Определение концентрации анализируемого раствора в прямой потенциометрии (метод градуировочного графика, метод стандартных добавок). Применение прямой потенциометрии. Потенциометрическое титрование.
86. Полярографический анализ (полярография). Общие понятия. Принцип метода. Полярографические кривые, потенциал полуволны, связь величины диффузионного тока с концентрацией. Определение концентрации анализируемого раствора (метод градуировочного графика, метод стандартных растворов). Условия проведения полярографического анализа.
87. Статистическая обработка результатов количественного анализа: источники погрешностей количественного анализа.

88. Классификация погрешностей количественного анализа (систематическая погрешность, случайная погрешность).

89. Источники систематических погрешностей (методические, инструментальные, индивидуальные).

90. Некоторые понятия математической статистики и их использование в количественном анализе. Случайная величина, варианта, генеральная совокупность, выборка (выборочная совокупность), распределение Стьюдента.

91. Оценка методов анализа по правильности и воспроизводимости. Сравнение двух методов анализа по воспроизводимости (сравнение дисперсий).

92. Метрологическая характеристика методов анализа по правильности: анализ стандартного образца; сравнение результатов количественного анализа образца двумя методами (сравнение средних); примеры сравнения двух методов количественного анализа по правильности и воспроизводимости.

93. Компьютерная обработка данных в аналитической химии. Примеры статистической обработки результатов в фармацевтическом анализе.

Список задач для экзамена по аналитической химии

1. Какой объем воды необходимо добавить к 1 л 0,5300 М HCl, чтобы получить 0,4500 М раствор?

2. Определите нормальную концентрацию раствора KOH, если на титрование 15,0 мл его расходуется 18,70 мл раствора HCl с $T_{HCl} = 0,002864$ г/мл.

М.м. (HCl) = 36,5 г/моль

3. Точную навеску щавелевой кислоты ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) 1,4733 г растворили в воде и полученный раствор довели до метки в мерной колбе вместимостью 500 мл. Рассчитайте: а) титр полученного раствора; б) нормальность; в) молярность.

М.м. ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) = 126,06 г/моль

4. Определите массовую долю $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ в препарате щавелевой кислоты, если на титрование навески 0,1500 г этого препарата, растворенной в произвольном объеме воды, израсходовано 25,60 мл раствора 0,09 н. раствора KOH? *М.м. ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) = 126,06 г/моль*

5. Навеску Na_2CO_3 массой 0,1032 г обработали 50 мл 0,09496 М HCl, избыток кислоты оттитровали 24,80 мл 0,1 М NaOH ($K = 1,298$) по метиловому оранжевому. Вычислите массовую долю (%) индифферентных примесей в образце.

М.м. (Na_2CO_3) = 106 г/моль

6. Колбу, какой вместимости следует взять для приготовления 0,5 н. раствора щавелевой кислот из фиксанала, промаркированного как «Щавелевая кислота 1 н.»?

7. Для определения точной концентрации раствора KOH навеску $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ равную 2,3500 г. растворили в колбе вместимостью 250 мл. На титрование 20 мл этого раствора затрачено 19,36 мл раствора KOH. Вычислите нормальную концентрацию раствора KOH.

М.м. ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) = 126,06 г/моль

8. Навеску щавелевой кислоты массой 5,000 г растворили в мерной колбе вместимостью 100,0 мл и довели раствор до метки водой дистиллированной. На титрование аликвоты в 10,00 мл этого раствора расходуется 14,10 мл 0,5 н. раствора NaOH. Вычислите массовую долю щавелевой кислоты в исходной навеске.

М.м. ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) = 126,06 г/моль

9. 1,6690 г х.ч. свежеперекристаллизованного натрия тетрабората растворили в мерной колбе вместимостью 200 мл. На титрование 20 мл полученного раствора расходуется 17,50 мл раствора серной кислоты с титром по KOH равным 0,002806 г/мл. Какое количество молекул воды содержится в кристаллогидрате?

М.м. ($Na_2B_4O_7$) = 201,2 г/моль

10. В мерную колбу вместимостью 500 мл поместили 25 мл соляной кислоты плотностью $1,19 \text{ г/см}^3$ и довели объем водой дистиллированной до метки водой. На титрование 20 мл полученного раствора расходуется 25,13 мл раствора натрия гидроксида с титром равным $0,01976 \text{ г/мл}$. Определить массовую долю HCl в растворе, из которого готовили 500 мл раствора соляной кислоты.

11. К раствору NH_4Br добавили 25 мл NaOH с $T = 0,0080 \text{ г/мл}$. После кипячения раствора для удаления аммиака избыток NaOH был оттитрован 8 мл HCl с $T = 0,0073 \text{ г/мл}$. Вычислить содержание NH_4Br в растворе в граммах.

М.м. (NH_4Br) = 97,9 г/моль

12. К раствору, содержащему 0,4000 г Na_2CO_3 марки «х.ч.» добавили 50 мл раствора HClO_4 , прокипятили до удаления углекислого газа и оттитровали 24,5 мл раствора NaOH . 10 мл раствора NaOH эквивалентны 5 мл раствора HClO_4 . Определить концентрации NaOH и HClO_4 .

13. В каком минимальном объеме 0,5 н. HCl следует растворить навеску MgO 0,1000 г, чтобы на обратное титрование расходовалось примерно 10 мл раствора NaOH , 1 мл которого эквивалентен 0,98 мл HCl ?

14. Сколько процентов P_2O_5 содержится в фосфорной кислоте, если на полную нейтрализацию 3,6250 г навески этой фосфорной кислоты уходит 25,00 мл 0,1000 н. раствора KOH ?

15. Какой объем раствора Na_2CO_3 с титром равным $0,002120 \text{ г/мл}$ потребуется для нейтрализации 20,00 мл H_2SO_4 с титром равным $0,001470 \text{ г/мл}$?

16. Рассчитать массовую долю NaOH и Na_2CO_3 в каустической соде (технический натрия гидроксид) по данным: для анализа из 40,10 г каустической соды приготовили 1 л раствора. Аликвоту в 25 мл этого раствора оттитровали 23,15 мл 1,0221 н. раствора HCl в присутствии индикатора метилового оранжевого. В другой пробе в 25,0 мл осадили натрия карбонат действием BaCl_2 , затем провели титрование этим же раствором HCl по фенолфталеину, расход титранта составил 22,55 мл.

17. Точную навеску 8,5000 г, состоящую из NaOH и Na_2CO_3 растворили в мерной колбе емкостью 500 мл. На титрование аликвоты 25 мл этого раствора в присутствии индикатора метилового оранжевого было затрачено 50 мл 0,1500 н. раствора HCl . На титрование второй аликвоты 25 мл в присутствии индикатора фенолфталеина было затрачено 20 мл 0,1500 н. раствора HCl . Определить процентное содержание NaOH и Na_2CO_3 в навеске.

18. В мерную колбу вместимостью 500,0 мл ввели 20 мл смеси технических H_2SO_4 и H_3PO_4 и разбавили водой до метки. Затем 25,0 мл этого раствора оттитровали 26,40 мл раствора NaOH с $T=0,0040 \text{ г/мл}$ по метиловому оранжевому. При титровании такой же пробы с фенолфталеином израсходовали 40,0 мл раствора NaOH . Какая масса H_2SO_4 и H_3PO_4 содержалась в 1 л исходной смеси?

19. Пробу смеси H_3PO_4 и HI объемом 10,0 мл разбавили до 250,0 мл в мерной колбе. На титрование 25,0 мл раствора с метиловым оранжевым израсходовали 21,2 мл 0,1 н. NaOH . При титровании такой же пробы с фенолфталеином расходуется 38,4 мл щелочи. Какая масса HI и H_3PO_4 содержалась в 100 мл смеси?

20. К раствору $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ добавили 25 мл раствора NaOH с $T = 0,009021 \text{ г/мл}$. Затем кипячением из раствора был удален NH_3 . После этого избыток NaOH был оттитрован 6,3 мл раствора HCl с $T = 0,00786 \text{ г/мл}$. Вычислите содержание $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в растворе.

21. Рассчитайте значение pH 0,1 н. растворов солей:

А. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ $K_{a1} = 5,6 \cdot 10^{-2}$ $K_{a2} = 5,4 \cdot 10^{-5}$

Б. KHCrO_4 $K_{a1} = 1,1 \cdot 10^{-1}$ $K_{a2} = 3,2 \cdot 10^{-7}$

22. Рассчитайте значение pH в т.н.т., в т.э. для 0,1 М раствора соли морфина гидрохлорида и сделайте вывод о возможности титрования данной соли в водной среде. ($K_b = 4,5 \cdot 10^{-7}$).

23. Рассчитайте значение pH в т.н.т., в т.э. для 0,1 М раствора соли $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COONa}$ и сделайте вывод о возможности титрования данной соли в водной среде. ($K_a = 1,3 \cdot 10^{-4}$).

24. Рассчитайте значение рН в т.н.т. и в т.э. для 0,5 М раствора слабого основания. ($K_b = 2 \cdot 10^{-6}$).

25. Рассчитайте значение рН в т.н.т. и в т.э. для 0,1 М раствора слабой кислоты. ($K_a = 2,5 \cdot 10^{-7}$). Ответ:

26. Рассчитать массовую (%) долю H_2O_2 в образце по данным анализа: навеску H_2O_2 , равную 0,1000 г поместили в мерную колбу на 100,0 мл, растворили в воде, довели водой дистиллированной раствор до метки. На титрование аликвоты в 20,0 мл израсходовали 6,1 мл раствора $KMnO_4$. 10,0 мл раствора $KMnO_4$ эквивалентны 11,0 мл раствора щавелевой кислоты с $T = 0,003145$ г/мл.

$$M.м. (H_2O_2) = 34 \text{ г/моль}$$

$$M.м. H_2C_2O_4 \times 2H_2O = 126,06 \text{ г/моль}$$

27. Навеску мышьяковистой кислоты H_3AsO_3 равную 0,4124 растворили в произвольном объеме воды дистиллированной и добавили 50 мл 0,1 н. раствором йода ($K = 0,9134$). Избыток раствора йода оттитровали 0,1 н. раствором $Na_2S_2O_3$, затратив при этом 11,20 мл этого раствора. Рассчитайте содержание оксида мышьяка (%) в анализируемом образце.

$$M.м. (As_2O_5) = 229,8 \text{ г/моль}$$

28. Навеску салициловой кислоты равную 1,2118 г растворили в мерной колбе на 200,0 мл в слабощелочной среде. Аликвоту 25,00 мл оттитровали методом обратной бромид-броматометрии. При этом израсходовали 40,00 мл 0,05 н. раствора $KBrO_3$ и 19,60 мл 0,05 н. раствора $Na_2S_2O_3$. Рассчитайте массовую долю салициловой кислоты в анализируемом образце.

$$M.м. (KBrO_3) = 166,98 \text{ г/моль}$$

$$M.м. (\text{салициловая кислота}) = 138,12 \text{ г/моль}$$

29. Навеску 8-оксихинолина массой 0,0500 г растворили в произвольном объеме воды и провели количественный анализ броматометрическим методом по метиловому оранжевому в кислой среде. При этом затратили 24,40 мл 0,05 н. раствора $KBrO_3$. Рассчитать массовую долю (%) 8-оксихинолина в анализируемом образце.

$$M.м. (8\text{-оксихинолина}) = 145 \text{ г/моль}$$

30. Навеску о-нитрофенола массой 1,000 г растворили в мерной колбе вместимостью 200,0 мл. Аликвоту 20,00 мл обработали 50,00 мл 0,09815 н. раствора $KBrO_3$, избыток $KBrO_3$ оттитровали, затратив 26,06 мл 0,1049 н. раствора $Na_2S_2O_3$. Вычислите массовую долю (%) о-нитрофенола в анализируемом образце.

$$M.м. (o\text{-нитрофенол}) = 139,12 \text{ г/моль}$$

31. Для анализа фенола методом броматометрии навеску 1,1100 г растворили в мерной колбе емкостью 500 мл. 10 мл раствора обработали 50,00 мл бромид-броматной смеси (0,1 н. $KBrO_3$, $K = 0,9870$). На титрование йода, выделившегося после прибавления KI , израсходовали 35,20 мл 0,1 н. раствора $Na_2S_2O_3$ ($K = 1,0240$). Вычислите массовую долю (%) фенола в препарате.

$$M.м. (\text{фенол}) = 94,11 \text{ г/моль}$$

32. Рассчитать процентное содержание $AlCl_3$ в образце по следующим данным: навеску 0,1256 г обработали 8-оксихинолином, осадок количественно отделили, растворили в разбавленной соляной кислоте и оттитровали, затратив 28,00 мл 0,1 н. раствора $KBrO_3$ ($K = 1,0900$) в присутствии KBr по метиловому оранжевому.

$$M.м. (AlCl_3) = 133,34 \text{ г/моль}$$

33. Навеску 2, 4 - динитрофенола массой 1,000 г растворили в мерной колбе вместимостью 200,0 мл. Аликвоту 10,00 мл обработали 20,00 мл 0,09815 н. раствора $KBrO_3$, избыток $KBrO_3$ оттитровали, затратив 16,06 мл 0,1050 н. раствора $Na_2S_2O_3$. Вычислите массовую долю (%) 2, 4 - динитрофенола в анализируемом образце.

$$M.м. (2, 4\text{-динитрофенола}) = 184,11 \text{ г/моль}$$

34. Навеску пергидроля массой 1,1500 г разбавили в мерной колбе до 500,0 мл. На титрование аликвоты 25,00 мл расходуется 9,30 мл 0,1 н. раствора $KMnO_4$ ($K=1,124$). Сколько процентов H_2O_2 содержится в анализируемом образце?

М.м. (H₂O₂) = 34 г/моль

35. Навеску Na₂SO₃ равную 0,3595 г растворили в воде и оттитровали, затратив 28,65 мл раствора йода с T=0,01142 г/мл. Вычислите массовую долю (%) Na₂SO₃ в анализируемом образце.

М.м. (Na₂SO₃×7H₂O) = 252.15 г/моль

М.м. (I₂) = 253.80 г/моль

36. Какую массу хлортетрациклина следует взять на анализ, что бы после разложения образца на титрование выделившегося хлорида расходовалось 10,0 мл 0,02 М раствора AgNO₃ (K = 0,8592).

М.м. (C₂₂H₂₃O₈N₂Cl) = 478,88 г/моль

37. Навеска сплава, содержащего 27% серебра, массой 5,000 г, растворена в мерной колбе вместимостью 500,0 мл. Какой объем этого раствора следует взять для определения ионов серебра, что бы на титрование затрачивалось 25,03 мл раствора NH₄CNS с титром по серебру 0,005395 г/мл?

38. Навеску технического BaCl₂, содержащего примесь Ba(NO₃)₂, массой 6,700 г растворили в мерной колбе вместимостью 100,0 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора затратили 23,25 мл раствора AgNO₃ с T = 0,008048 г/мл. Вычислить массовую долю Ba(NO₃)₂ в образце.

39. Какая масса KCl содержится в 250,0 мл раствора, если на титрование 25,00 мл его израсходовано 17,00 мл 0,05252 н. раствора Hg₂(NO₃)₂.

40. Пробу рассола объемом 10,00 мл разбавили водой до 250,0 мл и 20,00 мл оттитровали меркурометрически с индикатором FeCNS²⁺. Вычислить концентрацию NaCl в рассоле в г/л, если на титрование затрачено 18,98 мл 0,04805 н. раствора Hg₂(NO₃)₂, а на титрование индикатора в контрольном опыте 0,52 мл того же раствора титранта. **Ответ: 64,86 г/л.**

41. Для определения хлоридов навеску кальцинированной соды массой 3,256 г растворили в воде, раствор нейтрализовали азотной кислотой и довели объем до 200,0 мл в мерной колбе. К 20,00 мл полученного раствора прибавили 50,00 мл 0,01 М раствора AgNO₃ (K = 0,9854). На титрование избытка AgNO₃ израсходовали 21,48 мл раствора NH₄CNS (T NH₄CNS / AgNO₃ = 0,001952 г/мл). Вычислить массовую долю хлоридов в пересчете на NaCl в исследуемом образце.

42. Навеску NaBr массой 0,2058 г растворили в воде. К приготовленному раствору добавили 40,00 мл 0,09980 н. раствора AgNO₃. На обратное титрование израсходовали 21,20 мл раствора NH₄CNS (1,00 мл раствора AgNO₃ эквивалентен 1,06 мл раствора NH₄CNS). Вычислить массовую долю (%) примесей в навеске.

43. К 30,00 мл раствора KCl неизвестной концентрации прибавили 60,00 мл 0,08 М раствора AgNO₃. На титрование фильтрата после отделения осадка AgCl было затрачено 12,00 мл 0,05 М раствора KCNS. Найти титр раствора KCl.

44. Какой объем рассола, содержащего 60 г/л NaCl, следует взять для приготовления 200,0 мл раствора, что бы на титрование пробы 25,00 этого раствора расходовалось 20,00 мл 0,05 н. раствора Hg₂(NO₃)₂.

45. Навеску химически чистого KCl массой 0,1560 г растворили в воде и оттитровали раствором AgNO₃. Расход титранта составил 41,2 мл. Определить нормальную концентрацию AgNO₃ и его титр.

46. Растворением навески $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ массой 0,8635 г приготовили 250,0 мл раствора. К 25 мл этого раствора прибавили 50,00 мл 0,01007 М ЭДТА. На титрование избытка ЭДТА израсходовали 23,83 мл 0,01178 М ZnSO_4 . Вычислить массовую долю $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$.

$$M.M. (\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 324,59 \text{ г/моль}$$

47. Какая массовая доля свинца в тройном сплаве $\text{Pb} - \text{Na} - \text{K}$, если навеску этого сплава массой 2,8850 г растворили и довели раствор до метки водой дистиллированной в мерной колбе вместимостью 250,0 мл. Затем аликвоту этого раствора 25,00 мл оттитровали в присутствии индикатора ксиленового оранжевого, затратив 12,28 мл 0,1 М раствора ЭДТА ($K = 1,086$).

$$M.M. (\text{Pb}) = 207,19 \text{ г/моль}$$

48. 0,5126 г карбонатного минерала (состоит из CaO и MgO) обработали соляной кислотой и после отделения нерастворимых полуторных окислов поместили раствор в мерную колбу на 250,0 мл и довели раствор до метки. На титрование 50,00 мл этого раствора в буферном растворе было затрачено 20,42 мл 0,1012 н. Раствора трилона Б. На титрование 50,00 этого же раствора, после предварительного отделения ионов кальция, расходуется 19,62 мл 0,1012 н. раствора трилона Б. Определить массовые доли CaO и MgO в минерале.

$$M.M. (\text{CaO}) = 56 \text{ г/моль}$$

$$M.M. (\text{MgO}) = 40,3 \text{ г/моль}$$

49. К подкисленному раствору соли висмута добавили 20,00 мл 0,05 М раствора ЭДТА. После нейтрализации раствора аммиаком и создания pH 9,3 избыток ЭДТА оттитровали 0,05 М раствором ZnSO_4 , затратив при это 9,20 мл ZnSO_4 . Рассчитать содержание висмута в граммах в исследуемом растворе.

$$M.M. (\text{Bi}) = 208,98 \text{ г/моль}$$

50. При анализе ZnO на присутствие свинца анализируемую навеску массой 0,3141 г растворили в азотной кислоте. Раствор количественно перенесли в мерную колбу на 100,0 мл, разбавили и довели раствор до метки водой дистиллированной. На титрование 10,00 мл этого раствора с индикатором эриохром черный Т в аммиачном бфере израсходовали 3,67 мл 0,01 М раствора ЭДТА. На титрование другой пробы раствора объемом 10,00 мл, после добавления KCN (для маскировки цинка) расходуется 2,20 мл 0,01 М раствора ЭДТА. Вычислить массовые доли Zn и Pb в исследуемом образце.

$$M.M. (\text{Zn}) = 65,37 \text{ г/моль}$$

$$M.M. (\text{Pb}) = 207,19 \text{ г/моль}$$

51. Сколько граммов металлического цинка следует растворить в 100,0 мл серной кислоты, что бы на титрование 20,00 мл этого раствора расходовалось 20,00 мл 0,2 н. раствора трилона Б?

$$M.M. (\text{Zn}) = 65,37 \text{ г/моль}$$

52. На титрование 25,00 мл раствора $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ в присутствии $\text{Na}_2\text{MgЭДТА}$ затратили 18,05 мл 0,1 М раствора ЭДТА ($K = 0,9878$). Вычислить концентрацию (г/л) исследуемого раствора $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.

$$M.M. (\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 261,34 \text{ г/моль}$$

53. К 10,00 мл исследуемого раствора, содержащего пиридин, добавили спиртовой раствор CdCl_2 . Выпавший осадок $\text{Cd}(\text{C}_5\text{H}_5\text{N})_2\text{Cl}_2$ отфильтровали, растворили и оттитровали, затратив 15,25 мл 0,01 М раствора ЭДТА ($K = 0,9918$) в присутствии индикатора эриохрома черного Т в аммиачном буферном растворе. Вычислить концентрацию пиридина в исходном растворе в г/л.

$$M.M. (\text{пиридин}) = 79,10 \text{ г/моль}$$

54. К подкисленному раствору соли висмута добавили 20,00 мл 0,05 М раствора ЭДТА. После нейтрализации раствора аммиаком и создания pH 9,3 избыток ЭДТА оттитровали 0,05 М раствором ZnSO_4 , затратив при это 9,20 мл ZnSO_4 . Рассчитать содержание висмута в граммах в исследуемом растворе.

$$M.M. (\text{Bi}) = 208,98 \text{ г/моль}$$

55. К раствору, полученному растворением 0,1224 г цинковых белил, прибавлено 50,00 мл раствора феррицианида калия. На титрование избытка которого израсходовано 12,82 мл раствора $ZnSO_4$. Вычислить массовую долю (%) ZnO в белилах, если титр феррицианида калия равен 0,008517 г/мл, а 1,00 мл этого раствора эквивалентен 1,18 мл раствора $ZnSO_4$.

$$M.M. (K_3[Fe(CN)_6]) = 329,15 \text{ г/моль}$$

$$M.M. (ZnO) = 81,37 \text{ г/моль}$$

56. Удельный коэффициент поглощения комплекса Ni^{2+} с диметилглиоксимом в растворе равен 3500 при длине волны 445 нм в пересчете на катион никеля. Рассчитайте оптимальную концентрацию комплекса в моль/л, при которой относительная систематическая погрешность фотометрического определения концентрации никеля будет наименьшая. Толщина поглощающего слоя $l = 0,5$ см.

$$A.M. (Ni) = 58,71 \text{ г/моль}$$

57. Рассчитайте удельный показатель поглощения норсульфазола по следующим данным: навеску норсульфазола массой 0,2022 г растворили в 250,0 мл этанола. Полученный раствор фотометрировали на спектрофотометре при длине волны 262 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. Оптическая плотность анализируемого раствора равна 0,62.

58. Для нефелометрического определения серы в пирите навеску образца массой 0,2500 г растворили и довели объем до 500,0 мл в мерной колбе. Из 1,00 мл этого раствора после соответствующей обработки получили 100,0 мл суспензии бария сульфата. Кажущаяся оптическая плотность полученного раствора при длине волны 410 нм в кювете с толщиной слоя 1 см составляет 0,42. Параллельно провели измерение кажущейся оптической плотности стандартных раствором, содержащих в 100,0 мл суспензии 20 мкг, 40 мкг, 60 мкг и 80 мкг серы. Кажущаяся плотность стандартных растворов составила, соответственно, 0,30; 0,41; 0,50; 0,63. Определить процентное содержание серы в пирите.

59. Навеску стали массой 0,06000 г растворили в кислоте и обработали диэтилдитиокарбаматом натрия. Объем раствора довели до 100,0 мл в мерной колбе. Оптическая плотность полученного раствора составила 0,62 в кювете с толщиной слоя 2 см и длине волны 528 нм. Молярный коэффициент поглощения диэтилдитиокарбамата никеля составляет 35200. Определить процентное содержание никеля в навеске стали.

$$A.M. (Ni) = 58,71 \text{ г/моль}$$

60. Для спектрофотометрического определения содержания левомецетина в таблетках препарата (декларируемое содержание 0,095 – 0,105 г левомецетина в одной таблетке) приготовили 1000 мл водного раствора, содержащего 0,0120 г растворенного порошка растертых таблеток. Измерили оптическую плотность приготовленного раствора на спектрофотометре при длине волны 278 нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 1 см. Оптическая плотность равна 0,12. Рассчитайте содержание левомецетина в граммах в одной таблетке, если удельный показатель поглощения левомецетина в данных условиях равен 298, а масса таблетки составляет 0,300 г. Соответствует ли найденное содержание левомецетина декларируемому?

61. Навеску 0,0600 г порошка растертых таблеток препарата преднизона (декларируемое содержание преднизона в одной таблетке составляет 0,0009 – 0,0011 г) перевели в спиртовой раствор объемом 100,0 мл и измерили оптическую плотность полученного раствора на спектрофотометре при длине волны 239 нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 1 см. Оптическая плотность составила 0,52. Рассчитайте содержание преднизона в одной таблетке в мг, если масса одной таблетки равна 0,0500 г, а удельный показатель поглощения спиртового раствора преднизона при длине волны 239 нм равен 432. Соответствует ли рассчитанное содержание преднизона декларируемому?

62. Для определения наличия фторидов навеску нефти массой 0,2545 г подвергли полному озолению и разбавили водой в мерной колбе на 500 мл. К 50 мл полученного раствора добавили 5 мл раствора пурпурина фотометрировали окрашенный раствор при длине волны 620 нм в кювете с толщиной 1 см. Оптическая плотность исследуемого образца

составила 0,40. Параллельно в аналогичных условиях провели определение оптической плотности стандартного раствора фторида натрия с концентрацией фторид-ионов 10 мкг/мл. Оптическая плотность стандартного раствора составила 0,51. Определить массовую долю фторидов (%) в исследуемом образце.

63. Из навески массой 0,2500 г порошка растертых таблеток препарата метандростенолона (декларируемое содержание метандростенолона в одной таблетке составляет 0,9 – 1,1 мг) приготовили сернистый раствор объемом 25,0 мл и измерили его оптическую плотность. Параллельно в тех же условиях провели измерение оптической плотности сернистого стандартного раствора чистого метандростенолона с концентрацией 0,0001 г/мл. Рассчитайте содержание метандростенолона в мг в одной таблетке, если масса таблетки составляет 0,1000 г, а найденное отношение оптических плотностей анализируемого раствора и стандартного образца (D_x/D_o) составляет 0,998. Отвечает ли рассчитанное содержание метандростенолона декларируемому?

64. Для определения фолиевой кислоты в пищевом продукте навеску массой 0,4000 г растворили в растворе натрия гидроксида и после дополнительной обработки измерили интенсивность свечения полученного раствора. Она составила 0,42. Затем к анализируемому раствору добавили 10 мкг стандартного образца фолиевой кислоты и измерили интенсивность свечения. Она составила 0,51. Определить процентное содержание фолиевой кислоты в навеске продукта.

65. Для количественного содержания рибофлавина массу порошка растертых таблеток равную 0,3000 г растворили в щелочи и после соответствующей обработки измерили интенсивность свечения полученного раствора. Она оказалась равной 0,45. Затем к определяемому раствору добавили 30 мкг стандартного образца рибофлавина, интенсивность свечения измеряемого раствора увеличилась и составила 0,65. Определить процентное содержание рибофлавина в таблеточной массе.

Пример экзаменационного билета

ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России

Кафедра химии фармацевтического факультета

Билет №1

1. Аналитическая химия и химический анализ. Основные понятия аналитической химии: метод анализа вещества, методика анализа, качественный анализ, количественный анализ, элементный анализ, функциональный анализ, молекулярный анализ.

2. Кислотно-основное титрование слабых кислот в водной среде. Оценка возможности титрования слабых кислот. Кривая титрования. Принцип расчета основных точек на кривой титрования. Подбор индикаторов и виды ошибок.

3. Перманганатометрия. Сущность метода. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Виды перманганатометрического титрования и определяемые вещества. Графическая схема титрования. Условия титрования. Индикация точки конца титрования.

4. Какой объем воды необходимо добавить к 1 л 0,5300 М HCl, чтобы получить 0,4500 М раствор?

Эталон ответа

1. Аналитическая химия - наука, развивающая теоретические основы химического анализа веществ и материалов и разрабатывающая методы идентификации, обнаружения, разделения и определения химических элементов и их соединений, а также методы установления химического состава веществ. Проведение химического анализа в настоящее время заключается в получении информации о составе и природе вещества. В зависимости от задач, аналитическая химия подразделяется на качественный анализ, нацеленный на определение того, что (или какие вещества), в какой форме находится в образце, и количественный анализ, нацеленный на определение сколько данного вещества (элементов, ионов, молекулярных форм и др.) находится в образце. Метод анализа - достаточно универсальный и теоретически обоснованный способ получения информации о химическом составе вещества на основе принципа или принципов анализа. Методика анализа - это подробная схема анализа с использованием выбранного метода. Элементный анализ — качественное обнаружение и количественное определение содержания элементов и элементного состава веществ, материалов и различных объектов. Молекулярный анализ — качественное и количественное обнаружение конкретных молекул химических веществ. Функциональный анализ — установление наличия или отсутствия определенных функциональных групп в химических соединениях, например, карбоксильной.

2. Реакция среды (рН) растворов слабых кислот зависит от двух факторов: силы кислоты, (т.е. ее K_a) и концентрации C_a . Таким образом, в точке начала титрования:

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a}, \quad pH = -\lg \sqrt{K_a \cdot C_a} = 1/2 pK_a - 1/2 \lg C_a$$

Чем больше концентрация кислоты в растворе и ее K_a , тем выше кислотность раствора. При титровании слабых кислот сильным основанием вплоть до точки эквивалентности титруемый раствор представляет собой кислый буфер, действием которого

и обусловлено очень медленное изменение рН раствора вплоть до точки начала скачка титрования. Расчет $[H^+]$ (и рН) производится по формуле кислого буфера:

$$[H^+] = K_a \cdot \frac{C_a}{C_c},$$

где C_a – содержание (концентрация) слабой кислоты в растворе, C_c – содержание (концентрация) соли в растворе с учетом степени нейтрализации (f) в данный момент титрования. В точке начала скачка титрования $f = 99,9\%$, следовательно:

$$\frac{C_a}{C_c} = \frac{0,1}{99,9}$$

В точке эквивалентности рН раствора определяется гидролизом соли слабой кислоты и сильного основания:

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \cdot C_c}, \quad pH = -\lg \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \cdot C_c}, \quad \text{где } C_c = 1/2 \cdot C_a, \text{ так как в точке}$$

эквивалентности изменяется объем титруемого раствора: за счет введения стандартного реагента он увеличивается примерно в 2 раза. В точке конца скачка титрования ($f = 100,1\%$) рН титруемого раствора определяется $0,1\%$ избытка введенного едкого натра, т. е. $[OH^-] = C_{NaOH}$.

Для $0,1$ моль/л раствора гидроксида натрия в точке конца скачка титрования

$$[OH^-] = \frac{0,1\% \cdot 0,1 \text{ моль/л}}{200,1\%} = 4,998 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л}$$

$$pOH = -\lg 4,998 \cdot 10^{-5} = 4,3 \quad pH = 14 - 4,3 = 9,7.$$

Вид кривой титрования $0,1000$ моль/л раствора уксусной кислоты, $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ представлен на рис. 2.

Анализ кривой титрования.

Полученная кривая нейтрализации показывает, что:

- точка эквивалентности при титровании слабой кислоты сильной щелочью не совпадает с точкой нейтральности и находится в щелочной области рН;
- ветви кривой нейтрализации не симметричны относительно точки эквивалентности и линии нейтральности. До точки начала скачка титрования медленное изменение рН титруемого раствора обусловлено действием буфера;
- скачок титрования менее выражен, чем при титровании сильной кислоты.

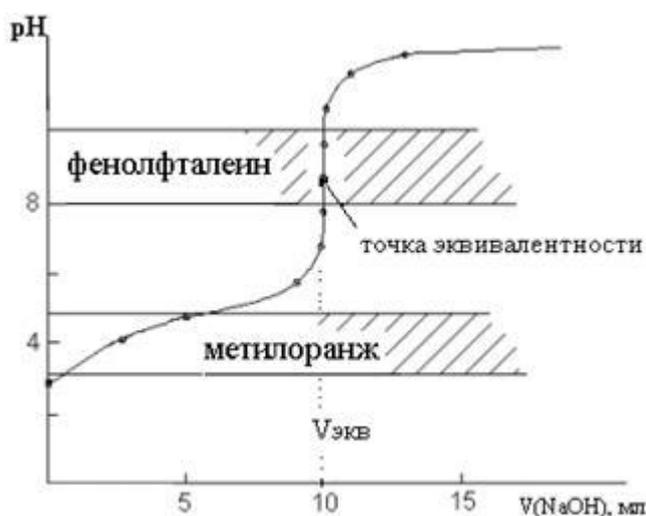
На величину скачка влияет как K_a , так и C_a . Эмпирически установлено, что при $K_a < 1 \cdot 10^{-9}$ (при любых концентрациях слабых кислот) скачок титрования на кривых

титрования практически отсутствует. Следовательно, титрование таких кислот невозможно, так как кислотно-основные индикаторы меняют свою окраску в области двух единиц рН. Для резкого изменения цвета индикатора необходим интервал скачка, минимально – 3 единицы рН, оптимально – 4 единицы рН и больше.

Подбор индикатора при титровании слабых кислот может привести к химической ошибке определения как положительной $+\Delta_{\text{OH}^-}$, так и отрицательной $-\Delta_{\text{H}^+}$. Окончательный выбор индикатора обусловлен наименьшей величиной химической ошибки в сочетании с визуально удобным фиксированием точки конца титрования. Для титрования уксусной кислоты использование фенолфталеина (рТ=9) вполне целесообразно, так как химическая ошибка составит:

$$+\Delta_{\text{OH}^-} = \frac{1 \cdot 10^{-(14-9)} \cdot 2 \cdot 100\%}{0,1} = 0,02\%$$

, а визуально несложно зафиксировать появление светло-розовой окраски в титруемом растворе. В таблице 6 приведены формулы, необходимые для расчетов точек кривой титрования сильной и слабой кислот, химических ошибок титрования. Вид кривой титрования представлен на рисунке.



3. Перманганатометрия – один из видов редоксиметрического титрования, в качестве титранта в котором выступает сильный окислитель калия перманганат. Калия перманганат является сильнейшим окислителем, что следует из значений стандартных электродных потенциалов полуреакций (E^0) в кислых растворах: $\text{pH} < 4$ $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $E^0 = 1,51$ В $\text{pH} = 4-5$ $\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ $E^0 = 1,695$ В Факторы, определяющие соотношение продуктов восстановления в реакциях, довольно сложны и зависят как от кинетики, так и от термодинамики процессов. В нейтральной, слабощелочной и слабокислой средах, т. е. при $\text{pH} = 5-8$, продуктом восстановления перманганата обычно является оксид марганца (IV): $\text{MnO}_4^- + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + 4\text{OH}^-$ $E^0 = 0,588$ В В сильнощелочной среде ($\text{pH} \geq 9$) перманганат восстанавливается до манганат-иона: $\text{MnO}_4^- + \text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$ $E^0 = 0,564$ В

Перманганат редко бывает в таком чистом виде, чтобы его можно было непосредственно использовать в качестве первичного стандарта. Он всегда в той или иной степени загрязнен некоторым количеством диоксида марганца. Растворы перманганата калия неустойчивы, поскольку ион MnO_4^- способен окислять воду: $4\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{MnO}_2\downarrow + 3\text{O}_2 + 4\text{OH}^-$ Как только начинает образовываться осадок диоксида марганца, скорость разложения KMnO_4 значительно возрастает в связи с катализирующим действием, оказываемым твердым диоксидом марганца. Поэтому необходимо устранить все возможные

источники попадания этой примеси. Обычно свежеприготовленный раствор KMnO_4 нагревают до кипения, после чего фильтруют через невосстанавливающий фильтр, например через стеклянный пористый фильтр. Удаление MnO_2 фильтрованием заметно повышает устойчивость растворов перманганата калия. Перед использованием раствор обычно оставляют при комнатной температуре на несколько дней. Приготовленный раствор хранят в сосудах со стеклянными пробками, тщательно очищенными от смазки и старого осадка MnO_2 . Рассеянный дневной свет не вызывает заметного разложения перманганата, но прямой солнечный свет очень быстро способствует разложению даже чистых растворов, поэтому их необходимо хранить в темных сосудах, избегая прямого солнечного света и попадания в них пыли. Кислые и щелочные растворы KMnO_4 менее устойчивы, чем нейтральные. Стандартизация раствора перманганата калия. Механизм реакций, используемых для стандартизации. В качестве веществ, подходящих для стандартизации раствора перманганата калия, предложены оксалат натрия ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$), щавелевая кислота ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, металлическое железо. Наиболее удобными и доступными из них являются $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Оба этих вещества должны быть химически чистыми и строго соответствовать своим формулам. Уравнение реакции между щавелевой кислотой и перманганатом калия можно представить в виде $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ (1.7) 0,49 В 0 2CO_2 $2\text{H} / \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + = - + \text{E}$ При добавлении раствора перманганата по каплям к подкисленному раствору оксалата натрия первые капли обесцвечиваются очень медленно (так называемый индукционный период).

Перманганатометрию используют в прямом, обратной, косвенном и реверсивном титровании. С помощью метода определяются вещества-восстановители.

Определение точки конца титрования проводят безиндикаторным методом по обесцвечиванию раствора титранта и/или титруемого раствора в случае обратной перманганатометрии.

4. Задача решается по закону эквивалентов. Следовательно, 1 л 0,5300 М раствора соответствует X л 0,4500 М раствора. Решая эту пропорцию, получаем, что $X = 1,177$ л раствора 0,4500 М. Что бы понять сколько воды добавили в исходный раствор для разбавления необходимо от полученного объема 1,177 л вычесть исходный объем 1 л. Получается 177 мл. Ответ 177 мл.

Критерии оценки

Оценке **«отлично»** соответствует полный ответ, содержащий весь программный материал по данному билету, но с 1-2 незначительными ошибками, расчетная задача решена верно;

Оценке **«хорошо»** соответствует либо полный ответ с 3-4 незначительными ошибками, либо безошибочный ответ, содержащий не весь программный материал по данному билету, расчетная задача решена верно.

Оценке **«удовлетворительно»** соответствует либо полный ответ с 5-6 незначительными ошибками или с 1 грубой, либо безошибочный ответ, содержащий 51-70% программного материала по данному билету; расчетная задача решена не верно.

Оценке **«неудовлетворительно»** соответствует либо безошибочный ответ, содержащий менее 51% программного материала по данному билету, либо ответ, содержащий несколько грубых ошибок; расчетная задача решена не верно .

К грубым ошибкам относятся такие, которые возникли в результате незнания теоретического материала или неспособности применения основных закономерностей химии при решении конкретных задач.

К незначительным ошибкам относятся такие, которые возникают из-за недостаточного знания конкретных разделов аналитической химии.

Арифметические ошибки, сделанные на последнем этапе решения задачи при правильном ходе решения, относятся к незначительным, а числовой ответ, находящийся в явном противоречии со здравым смыслом расценивается как грубая ошибка.

12. Методическое обеспечение дисциплины
Примеры оценочных средств для рубежного контроля успеваемости

Пример задания к лабораторному практикуму №18 контрольная работа «Кислотно-основное титрование», раздел 3

Вариант №1

1. Характеристика чувствительности аналитических реакций.
2. Разработать методику прямого титрования для вещества:



$$M_r = 161,97 \text{ г/моль}$$

$$K_{a1} = 1,0 \cdot 10^{-1}$$

$$pK_{a1} = 1,0$$

$$K_{a2} = 7,1 \cdot 10^{-11}$$

$$pK_{a2} = 10,15$$

На титрование исследуемого раствора H_2MoO_4 расходуется 15 мл титранта. 12 мл раствора титранта эквивалентны 10 мл раствора первичного стандарта. Титр раствора первичного стандарта равен 0,004869 г/мл. Молярная масса эквивалента первичного стандарта равна 53 г-экв/моль.

3. Разработать методику титрования смеси веществ $\text{NaOH} + (\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (мочевина):



$$M_r = 40 \text{ г/моль}$$

$$K_b(\text{NH}_2)_2\text{CO} = 1,5 \cdot 10^{-14} \quad pK_b = 13,82$$

$$M_r = 60 \text{ г/моль}$$

На титрование исследуемой смеси с индикатором фенолфталеином расходуется 9 мл (V_1) соляной кислоты, на титрование исследуемой смеси с индикатором метиловым оранжевым расходуется 9,18 мл соляной кислоты (V_1), 10 мл которой эквивалентны 10,1 мл 0,1 н. раствора КОН.

Используя 1 и 2 основы теста, ответьте на вопросы билета (2 и 3), касающиеся кислотно-основного титрования. На вопрос 1 билета необходимо дать развернутый письменный ответ.

1-я основа теста

I. Характеристика вещества:

- 1) кислота сильная
- 2) кислота слабая
- 3) основание сильное
- 4) основание слабое
- 5) средняя соль многоосновной кислоты и сильного основания
- 6) кислая соль многоосновной кислоты и сильного основания
- 7) соль слабой кислоты и сильного основания
- 8) соль слабого основания и сильной кислоты

II. Рассчитать значение рН в точке начала титрования для 0,1 н. раствора определяемого вещества (формулы см. приложение 1, ответ дать в виде номера расчетной формулы из приложения и значения рассчитанного рН).

III. Определение возможности титрования вещества:

- | | |
|--|--|
| 1) $K_a \geq 1 \cdot 10^{-9}$ кислота титруется | 5) $K_a \leq 1 \cdot 10^{-9}$ кислота не титруется |
| 2) $K_b \geq 1 \cdot 10^{-9}$ основание титруется | 6) $K_b \leq 1 \cdot 10^{-9}$ основание не титруется |
| 3) $K_a \leq 1 \cdot 10^{-5}$ соль титруется | 7) $K_a > 1 \cdot 10^{-4}$ соль не титруется |
| 4) $K_b \leq 1 \cdot 10^{-5}$ соль титруется | 8) $K_b > 1 \cdot 10^{-4}$ соль не титруется |
| 9) $K_a = 1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$ соль титруется при добавлении спирта этилового | |
| 10) $K_b = 1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$ соль титруется при добавлении спирта этилового | |

IV. Титрант: 1) HCl 2) NaOH

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| а) первичный стандарт | б) вторичный стандарт |
| в) основной титрант | г) вспомогательный титрант |

V. Способ кислотно-основного титрования:

- 1) прямая ацидиметрия
- 2) прямая алкалиметрия
- 3) косвенная ацидиметрия
- 4) косвенная алкалиметрия
- 5) обратная ацидиметрия

б) обратная алкалиметрия

VI. Установочные вещества для титранта(ов):

1) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

4) 0,1000 н. NaOH

2) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

5) Na_2CO_3

3) 0,1000 н. HCl

VII. **Уравнение химической реакции** (привести уравнение химической реакции, лежащей в основе метода):

VIII. **Рассчитать значение pH в точке эквивалентности** для 0,1 н. раствора определяемого вещества (формулы см. приложение 1, ответ дать в виде номера расчетной формулы из приложения и значения рассчитанного pH).

IX. **Расчет значение pH в т.н.ск. и т.к.ск.** (формулы см. приложение 1, ответ дать только в виде номера расчетных формул).

X. **Подбор индикаторов:**

№ п/п	Название индикатора	Изменение окраски	pT
1	Тропеолин 00	красный - желтый	2
2	Метиловый желтый	красный - желтый	3
3	Метиловый оранжевый	красный - желтый	4
4	Метиловый красный	красный - желтый	5
5	о-нитрофенол	бесцветный - желтый	6
6	Бромтимоловый синий	желтый - синий	7
7	Феноловый красный	желтый - красный	8
8	Фенолфталеин	бесцв. - малиновый	9
9	Тимолфталеин	бесцв. - синий	10
10	Тропеилин 0	желтый - оранжевый	12

XI. **Индикаторная ошибка:**

1) кислотная Δ_{HAn}

2) протонная Δ_{H^+}

3) основная $\Delta_{\text{КЮН}}$

4) гидроксильная $\Delta_{\text{ОН-}}$

5) «солевая»

XII. Величина и знак ошибки (формулы см. приложение 2, ответ дать в виде номера расчетной формулы и значения рассчитанной ошибки).

XIII. Изменение окраски индикатора: окраска в т.н.т. – окраска в т.э.

XIV. Формула расчета величины молярной массы эквивалентной определяемого вещества:

1) $\mathcal{E} = \text{М.м.}$

5) $\mathcal{E} = 2 \text{ М.м.}$

2) $\mathcal{E} = 1/2 \text{ М.м.}$

6) $\mathcal{E} = 4 \text{ М.м.}$

3) $\mathcal{E} = 1/3 \text{ М.м.}$

7) $\mathcal{E} = 3 \text{ М.м.}$

4) $\mathcal{E} = 1/4 \text{ М.м.}$

8) $\mathcal{E} = 2/3 \text{ М.м.}$

Рассчитайте содержание определяемого вещества по имеющимся в задании данным с учётом условий титрования.

Формулы для расчета pH раствора

- 1) $[H^+] = Ka \frac{Ca}{Cc}$ или $pH = pKa - \lg \frac{Ca}{Cc}$
- 2) $[H^+] = \sqrt{Ka \cdot Ca}$ или $pH = 1/2 pKa - 1/2 \lg Ca$
- 3) $[OH^-] = Kb \frac{Cb}{Cc}$ или $pH = 14 - pKb + \lg \frac{Cb}{Cc}$
- 4) $[OH^-] = \sqrt{Kb \cdot Cb}$ или $pH = 14 - 1/2 pKb + 1/2 \lg Cb$
- 5) $[OH^-] = \sqrt{\frac{Kw \cdot Cc}{Ka}}$ или $pH = 7 - 1/2 pKb - 1/2 \lg Cc$
- 6) $[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \cdot Cc}{Kb}}$ или $pH = 7 - 1/2 pKb + 1/2 \lg Cc$
- 7) $[OH^-] = Cb$ или $pH = 14 + \lg Cb$
- 8) $[H^+] = Ca$ или $pH = -\lg Ca$
- 9) $pH = -\lg Ca$ (с учетом взаимодействия)
- 10) $pH = 14 + \lg Cb$ (с учетом взаимодействия)
- 11) $[H^+] = [OH^-]$ или $pH = pOH$
- 12) $[H^+] = \sqrt{Kn \cdot Km}$ или $pH = 1/2 pKn + 1/2 pKm$

2-я основа теста

I. Определите возможность титрования индивидуальных веществ в смеси (А+В):

1. возможно дифференцированное определение каждого вещества;
2. возможно суммарное определение двух веществ;
3. возможно определение одного вещества из смеси;
4. определение не возможно

II. Составьте методику определения двух веществ А и В в смеси и выберите одну из приведенных формул расчета навески (навесок) компонентов смеси веществ:

1.

$$\text{а) } g_a = \frac{N_T \cdot [V_2 - 2(V_2 - V_1)]}{1000} \cdot \mathcal{E}_A \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}; \quad g_b = \frac{N_T \cdot 2(V_2 - V_1)}{1000} \cdot \mathcal{E}_B \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}$$

$$\text{б) } g_a = \frac{N_T \cdot [V_1 - 2(V_1 - V_2)]}{1000} \cdot \mathcal{E}_A \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}; \quad g_b = \frac{N_T \cdot 2(V_1 - V_2)}{1000} \cdot \mathcal{E}_B \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}$$

2.

$$\text{а) } g_a = \frac{N_T \cdot 2V_1}{1000} \cdot \mathcal{E}_A \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}; \quad g_b = \frac{N_T \cdot (V_2 - 2V_1)}{1000} \cdot \mathcal{E}_B \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}$$

$$\text{б) } g_a = \frac{N_T \cdot 2V_2}{1000} \cdot \mathcal{E}_A \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}; \quad g_b = \frac{N_T \cdot (V_1 - 2V_2)}{1000} \cdot \mathcal{E}_B \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}$$

3.

$$\text{а) } g_a = \frac{N_T \cdot V_2}{1000} \cdot \mathcal{E}_A \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}; \quad g_b = \frac{N_T \cdot (V_1 - V_2)}{1000} \cdot \mathcal{E}_B \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}$$

$$\text{б) } g_a = \frac{N_T \cdot V_1}{1000} \cdot \mathcal{E}_A \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}; \quad g_b = \frac{N_T \cdot (V_2 - V_1)}{1000} \cdot \mathcal{E}_B \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}$$

4.

$$\text{а) } g_{a+b} = \frac{N_T \cdot V_1}{1000} \cdot \mathcal{E}_{A+B} \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}; \quad g_{a+b} = \frac{N_T \cdot V_2}{1000} \cdot \mathcal{E}_{a+b} \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}$$

5.

$$\text{a) } g_a = \frac{N_T \cdot V_1}{1000} \cdot \mathcal{E}_A \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}; \quad g_a = \frac{N_T \cdot V_2}{1000} \cdot \mathcal{E}_a \cdot \frac{V_{M.K.}}{V_{ППП}}$$

V_1 - объем титранта, пошедшего на титрование с индикатором фенолфталеином

V_2 - объем титранта, пошедшего на титрование с индикатором метиловым оранжевым

III. Рассчитайте результаты анализа в соответствии с заданием и условиями титрования:

Навеска смеси веществ перенесена в мерную колбу на 100 мл, растворена, раствор доведен до метки, тщательно перемешан и оттитрован. Объем раствора, взятого на титрование, равен 10 мл.

Эталон ответа

1. Качественный химический анализ большей частью основан на реакциях, которые сопровождаются каким-либо характерным внешним эффектом. При этом не имеет большого значения количественная сторона химического процесса и стехиометрическое соотношение элементов, входящих в состав образующихся соединений. Существенными являются две характеристики химических реакций: чувствительность и избирательность.

Чувствительность реакции выражается двумя взаимно связанными величинами: чувствительностью определения (минимальная концентрация, или предельное разбавление) и абсолютной чувствительностью (открываемый минимум):

$$m = cV, \quad m = eg$$

где m — *открываемый минимум*, мкг, c — *минимальная концентрация*, т. е. та наименьшая концентрация, которую еще удастся обнаружить данным методом, мкг/мл, мкг/г, % и т. п.; V —объем пробы, мл; g — масса пробы, г.

Предельное разбавление характеризуется отношением одной весовой части обнаруживаемого иона или вещества к числу весовых частей анализируемого вещества (основы) или указывается как отношение числа весовых частей обнаруживаемого иона или вещества к 10⁶ весовых частей анализируемого вещества (млн-1, международное обозначение, ррт.). Чувствительность выражается также в %.

2. I-2, II-2, pH=1, III-1. IV-2б, в, V-2, VI-1,3, VII-, VIII-12, pH=5,5. IX-1, X-4, метиловый красный, XI-1, XII-3, 0.01%, XIII- красный-желтый, XIV-1, ответ по задаче: 0,1860.

3. I-3, II-5а, III- 0,3636

Всего 25 правильных ответов

Критерии оценки

91% и более – «отлично»;

71-90% – «хорошо»;

51-70% – «удовлетворительно»;
 50 и менее % – «неудовлетворительно».

Пример тестового контроля к лабораторному практикуму №2 «Качественный анализ катионов I, II, III аналитических групп», раздел 2

Вариант №1

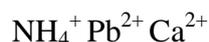
Неизвестный бесцветный раствор содержит белый хлопьевидный осадок. Предварительный анализ раствора над осадком дал положительный результат в реакции со щелочью, при нагревании выделяется газ, вызывающий посинение красной лакмусовой бумаги.

При выполнении систематического анализа пошли реакции со следующими аналитическими эффектами:

Исследуемая смесь	Реактив	Аналитический эффект	
		Раствор	Осадок
Исходный раствор	HCl 2н.	Раствор №1: бесцветный	Осадок №1: белый хлопьевидный
Исходный раствор	H ₂ SO ₄ 2 н.	Раствор №2: бесцветный	Осадок №2: белый
Осадок №1	Горячая вода (t = 60-70 °C)	Раствор №3: бесцветный	Осадок №1 растворился
Раствор №3	KI	-	Осадок №3: желтый осадок, растворяющийся при нагревании и выделяющийся при охлаждении в виде золотистых чешуек
Осадок №2	(NH ₄) ₂ SO ₄ двукратный объем	Раствор №4: бесцветный	Осадок №2 растворился
Раствор №4	Оксалат аммония	-	Осадок №4: белый кристаллический, не растворимый в уксусной кислоте

Какие катионы присутствуют в анализируемом растворе?

Эталон ответа



Всего 3 правильных ответа

Критерии оценки

91% и более – «отлично»;

71-90% – «хорошо»;

51-70% – «удовлетворительно»;

50 и менее % – «неудовлетворительно».

Пример тестового контроля к лабораторному практикуму №19 «Окислительно-восстановительное титрование. Сущность метода, индикаторы, кривые титрования. Перманганатометрия: прямая, обратная, реверсивная, косвенная.», раздел 2

Вариант №1

Для количественного определения предложена муравьиная кислота (НСООН), навеску которой поместили в колбу для титрования и растворили в произвольном объеме воды и оттитровали.

$$E^{\circ} (\text{CO}_2 / \text{НСООН}) = -0,2 \text{ В}$$

Выбрать условия титрования для предложенного образца (см. 3-ю основу для теста).

3-я основа для теста

I. Титрант:

А. основной

Б. вспомогательный

- | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| 1. KMnO_4 | 2. FeSO_4 | 3. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ | 4. KBrO_3 | 5. $\text{KBrO}_3 + \text{KBr}$ | |
| 6. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ | 7. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ | 8. NaNO_2 | 9. I_2 | 10. ICl | 11. KIO_3 |
| 12. Na_3AsO_3 | 13. $\text{Ce}(\text{OH})_4$ | | | | |

II. Характеристика титранта(-ов):

А. основной

Б. вспомогательный

1. первичный стандарт
2. вторичный стандарт

III. Стандартизация титрантов:

А. основной

Б. вспомогательный

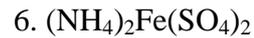
1. проводится по установочному веществу
2. не требуется

IV. Установочное вещество для титранта(-ов) (если необходимо):

А. основной

Б. вспомогательный

1. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
2. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$
3. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$



7. Сульфаниловая кислота

V. Способ титрования:

1. Прямой 2. Обратный 3. Косвенный 4. Реверсивный

VI. Факторы эквивалентности определяемого вещества и титранта:**VII. Условия титрования:**

1. $\text{pH} \leq 4$ 2. $\text{pH} = 4 - 7$ 3. $\text{pH} = 7$ 4. $\text{pH} = 7 - 10$
5. $\text{pH} \geq 10$

6. $t \leq 18^\circ\text{C}$ 7. $t = 18 - 20^\circ\text{C}$ 8. $t = 60 - 70^\circ\text{C}$ 9. $t = 100^\circ\text{C}$

10. в присутствии HCl 11. в присутствии H_2SO_4 12. в присутствии NaHCO_3 13. в присутствии KI 14. в присутствии KBr

15. в присутствии 8-оксихинолина

16. в присутствии SnCl_2

17. в присутствии катализатора

18. после воздействия восстановителя

19. после предварительного гидролиза

20. титрование ведут с определенной скоростью

VIII. Фиксирование точки конца титрования и переход окраски индикатора:

Способ фиксирования

Переход окраски

1. Безиндикаторный

А. красно-фиолетовый – бирюзовый

2. Крахмал

Б. бесцветный – розовый

3. Тропеолин 00 + метиленовый
синий

В. красный – бесцветный

4. Тропеолин 00

Г. бесцветный – синий

5. Метилловый оранжевый

Д. красно-фиолетовый - бесцветный

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 6. Метиловый красный | Е. синий - бесцветный |
| 7. Нейтральный красный | Ж. бесцветный – желтый |
| 8. Йодкрахмальная бумага | З. Желтый – бесцветный |
| 9. Хлороформ | И. Зеленый – серый |
| | К. красно-фиолетовый – синий |
| | Л. Красно-фиолетовый – желтый |

Эталон ответа

I-1а, II-A1,2, III-A1, IVA-2,3,4,5, V-1, VI-1/2, VII-1,8,11, VIII-1б

Всего 14 правильных ответов

Критерии оценки

- 91% и более – «отлично»;
- 71-90% – «хорошо»;
- 51-70% – «удовлетворительно»;
- 50 и менее % – «неудовлетворительно».

Пример ситуационной задачи к лабораторному практикуму №23 «Методы осаждения», раздел 2

Вариант №1

Из навески химически чистого NH_4Cl приготовили раствор в мерной колбе на 250 мл. К 20,00 мл приготовленного раствора прибавили 40,00 мл 0,05 М раствора AgNO_3 . На титрование избытка AgNO_3 израсходовали 12,50 мл 0,1 М раствора NH_4CNS . Вычислите массу навеску химически чистого NH_4Cl , из которого приготовили исходный раствор. Укажите метод количественного анализа.

Эталон ответа

Масса навески химически чистого NH_4Cl равна 0,5016. Определение проводилось методом Фольгарда (обратная аргентометрия).

Критерии оценки

- оценка «отлично» - выставляется студенту, если он произвел правильный расчет и верно определил метод анализа.
- оценка «хорошо» - выставляется студенту, если он произвел верный расчет, но не верно определил метод анализа или его не определил совсем.
- оценка «удовлетворительно» - выставляется студенту, если он произвел верный расчет, но не верно округлил итоговое значение и не верно определил метод анализа.
- оценка «неудовлетворительно» - выставляется студенту, если он произвел не верный расчет.

Пример отчета по индивидуальному домашнему заданию к лабораторному практикуму №13 «Кислотно-основное титрование простых солей типа: NH_4Cl , HCOOK , гидроксилamina г/х. Определение возможности и условий титрования. Выбор титранта и индикатора», раздел 2

Отчет по индивидуальной работе выполняется в рукописном или печатном варианте (на усмотрение студента).

Семёновой Юлии Вариант 11.

№3) R-COONa
 $K_a = 4 \cdot 10^{-8}$ $K_a < 10^{-5} \Rightarrow$ титруется в водном растворе
 кислотно-основным способом

$pK_a = 7,4$
 0,1 М HCl
 \downarrow
 0,1 М R-COONa

$\text{R-COONa} + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{R-COOH} + \text{NaCl}$

м.н.т. $pOH = -\lg \sqrt{\frac{K_w \cdot C_{\text{осн}}}{K_a}} = -\lg \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot 0,1}{4 \cdot 10^{-8}}} = 3,8$
 $pH = 14 - 3,8 = 10,2$

$f = 50\%$ $pH = -\lg \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot 50}{50} = 7,4$
 $f = 70\%$ $pH = -\lg \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot 70}{30} = 7,4 - \lg \frac{70}{30} = 7,03$
 $f = 90\%$ $pH = -\lg \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot 90}{10} = 7,4 - \lg \frac{90}{10} = 7,4 - 0,95 = 6,45$

м.н.с.к. $f = 99,9\%$ $pH = -\lg \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot 99,9}{0,1} = 7,4 - 3 = 4,4$

м.т. $f = 100\%$ $pH = -\lg \sqrt{K_a \cdot C_a} = -\lg \sqrt{4 \cdot 10^{-8} \cdot 0,05} = 4,35$

м.к.с.к. $f = 100,1\%$ $pH = -\lg \frac{0,1 \cdot 0,1}{200,1} = 4,3$

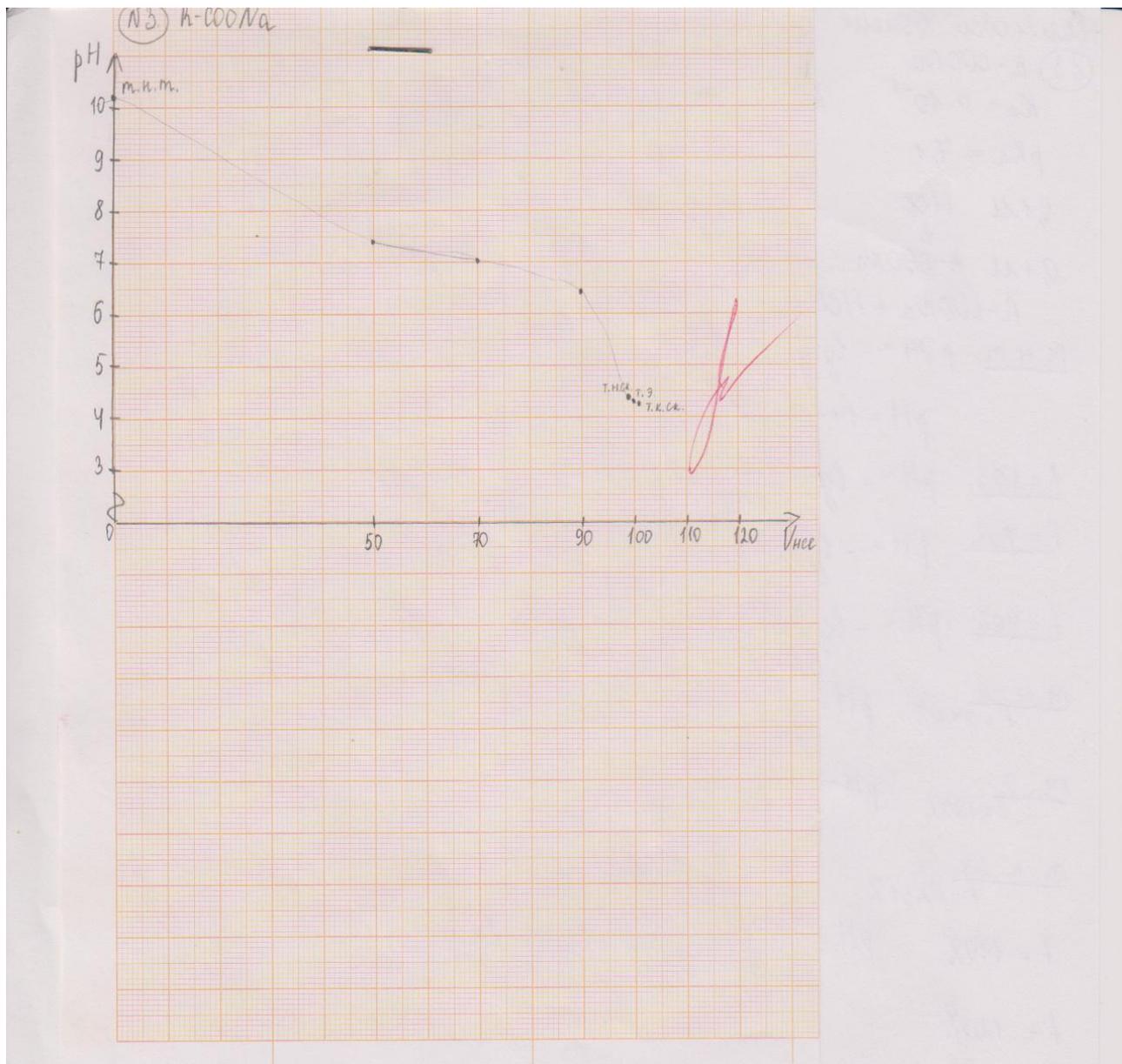
Выбор индикатора:

0 4 4,35 5 14
 $\left| \begin{array}{c} pT \\ \text{в р.с.} \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{c} pT \\ \text{и.к.} \end{array} \right.$

+ $\Delta_{\text{в р.с.}}$ (противитант) $= \frac{2 \cdot 10^{-pT} \cdot 100\%}{C_a} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,1} \cdot 100\% = 0,2\%$

- $\Delta_{\text{и.к.}}$ (основитант) $= \frac{K_a \cdot 100\%}{1 \cdot 10^{-pT}} = \frac{4 \cdot 10^{-8}}{10^{-5}} \cdot 100\% = 0,4\%$

Вывод: Для титрования выбираем индикатор бромфеноловый синий, т.к. ошибка меньше.



Критерии оценки

- оценка «отлично» - выставляется студенту, если он произвел правильный расчет всех точек кривой титрования и верно построит график.
- оценка «хорошо» - выставляется студенту, если он произвел верный расчет всех точек кривой титрования, но с арифметическими ошибками и верно построил график.
- оценка «удовлетворительно» - выставляется студенту, если он произвел верный расчет ключевых точек кривой титрования (т.н.т., т.э.), верно определил индикаторы для титрования, но допустил ошибки при расчете ошибок титрования.
- оценка «неудовлетворительно» - выставляется студенту, если он произвел не верный расчет ключевых точек кривой титрования (т.н.т., т.э.), не верно подобрал индикаторы.

