




**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра аналитической химии**

УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета,  
  
А.И. Вильмс  
“20” мая 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины Б1.О.19**


Наименование дисциплины **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Направление подготовки **04.03.01 – Химия**

Направленность подготовки: **Химия нефти и газа**

Квалификация выпускника – **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК химического  
факультета  
Протокол №6 от «20» мая 2020 г.  
Председатель  А.И. Вильмс

Рекомендовано кафедрой  
аналитической химии,  
Протокол №\_5 от «28»\_04 \_2020г.

Зав. кафедрой,  
А.Г. Пройдаков



Иркутск 2020 г.

## Содержание

стр.

1. Цели и задачи дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.
3. Требования к результатам освоения дисциплины
4. Объем дисциплины и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины
  - 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины
  - 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами
  - 5.3 Разделы и темы дисциплин и виды занятий
6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов
  - 6.1. План самостоятельной работы студентов
  - 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):
  - а) основная литература;
  - б) дополнительная литература;
  - в) программное обеспечение;
  - г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины
10. Образовательные технологии
11. Оценочные средства (ОС)

## **I. Цели и задачи дисциплины:**

**Цель** дисциплины – изучение основ теории и практики химических методов качественного и количественного анализа, исследования неорганических и органических соединений, показать роль аналитической химии в системе наук, научить интерпретировать экспериментальные результаты.

**Задачи** курса - в результате изучения данного курса студенты должны познакомиться с теоретическими основами и приемами пробоотбора и пробоподготовки, освоить основные закономерности равновесий и протекания различных типов химических реакций, основные методы разделения и концентрирования, овладеть химическими методами анализа различных объектов.

## **II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Учебная дисциплина «Аналитическая химия» Б1.О.19 относится к обязательной части учебного плана программы подготовки по направлению 04.03.01 Химия.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Неорганическая химия», «Физика», «Математика».

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Освоение дисциплины «Аналитическая химия» является необходимой для последующего изучения дисциплин «Физическая химия», «Химическая технология», «Анализ сложных объектов», «Методы разделения и концентрирования», «Физико-химические методы анализа», при выполнении квалификационных работ.

## **III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки 04.03.01 Химия.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

| <b>Компетенция</b>  | <b>Индикаторы компетенций</b>  | <b>Результаты обучения</b>   |
|---|--|--|
| ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений | ИДК <sub>ОПК-1.2</sub><br>Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ | <b>Знать:</b> теоретические основы аналитической химии, существо реакций и процессов, используемых в аналитической химии; принципы и области использования основных методов химического анализа. |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <p>традиционных и новых разделов химии</p>  | <p>Иметь представление об особенностях объектов анализа.</p> <p><b>Уметь:</b> подготавливать объекты исследования для анализа, проводить экспериментальные исследования по заданной методике, работать на аппаратуре, применяемой в аналитических исследованиях.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ при проведении аналитических реакций для определения элементов в различных объектах.</p>  |
| <p>ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием</p> | <p>ИДК<sub>ОПК-2.1</sub> Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p> <p>ИДК<sub>ОПК-2.4</sub> Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования</p> | <p><b>Знать:</b> правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами.</p> <p><b>Знать:</b> основные достоинства и недостатки различных методов исследования свойств веществ и материалов.</p> <p><b>Уметь:</b> проводить простые операции (классификация веществ, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках аналитической химии.</p> <p><b>Владеть:</b> теоретическими представлениями</p> |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   |   | аналитической химии, основами химических методов анализа неорганических и органических соединений, методологией выбора методов анализа, иметь навыки их применения при проведении аналитических реакций для определения элементов в различных объектах.  |
| ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе | ИДКОПК6.1<br>Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке | <b>Знать:</b> правила составления протоколов отчетов химических опытов, применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, подготовить отчет о выполненной работе.<br><b>Уметь:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии<br><b>Владеть:</b> навыками представления результатов собственных научных изысканий в компьютерных сетях и информационной научно-образовательной среде |

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 часа,

в том числе 53 часа на экзамен.

Из них 136 часов – практическая подготовка

**Форма промежуточной аттестации: зачет, экзамен**

**4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

| №<br>п/п | Раздел дисциплины/темы                                    | Семестр | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах) |                      |                                |    |    | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости;<br><br>Форма промежуточной аттестации |
|----------|---|---------|--|----------------------|--------------------------------|----|----|------------------------|---|
|          |   |         | Контактная работа преподавателя с обучающимися   |                      |                                | КО |    |                        |   |
|          |   |         | Лекции   | Лабораторные занятия |                                |    |    |                        |   |
|          |   |         |  | Всего часов          | Из них практическая подготовка |    |    |                        |   |
| 1.       | Введение  | 3       | 2  |                      |                                |    |    |                        |   |
| 2.       | Состояние веществ в ионо-молекулярных системах            | 3       | 8  |                      |                                |    | 8  |                        |   |
| 3.       | Методы выделения, разделения и концентрирования           | 3       | 12   |                      |                                |    | 12 |                        |   |
| 4.       | Методы обнаружения и идентификации                        | 3       | 6  | 16                   | 16                             |    | 6  |                        |   |
| 5.       | Типы химических реакций и процессов в аналитической химии | 3       | 4  | 36                   | 34                             |    | 8  |                        |   |
| 6.       | Пробоотбор и пробоподготовка                              | 3       | 2  | 10                   | 10                             |    | 6  |                        |   |
| 7.       | Основные объекты анализа                                  | 3       | 4  |                      |                                |    | 6  |                        |   |
| 8.       | Метрологические основы химического анализа                | 3       | 2  |                      |                                |    | 8  |                        |   |
| 9.       | Гравиметрический анализ                                   | 3       | 4  | 20                   | 20                             |    | 8  |                        |   |
| 10.      | Титриметрический анализ                                   | 3       | 10   | 56                   | 56                             |    | 9  |                        |   |
|          |   |         | 54   | 136                  | 136                            |    | 71 |                        |   |
|          | <b>Экзамен</b>  |         |  |                      |                                | 10 |    | 53                     |   |

*\*В рабочей программе по дисциплине при выполнении лабораторных работ предусмотрена **практическая подготовка** в виде выполнения отдельных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью*

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

| Семестр<br>3 | Название раздела, темы                                       | Самостоятельная работа обучающихся  |                            | Оценочное<br>средство               | Учебно-<br>методическое<br>обеспечение<br>самостоятельной<br>работы            |
|--------------|--|---|----------------------------|-------------------------------------|--|
|              |  | Вид самостоятельной работы  | Трудо-<br>емкость<br>(час) |                                     |  |
|              | Состояние веществ в ионо-<br>молекулярных системах           | подготовка к устному опросу №1<br>Написание отчетов по ЛР   | 4                          | Устный опрос<br>№1, вопросы 1-<br>3 | См. список лит-ры<br>№4,5,6<br>доп. №3   |
|              | Методы выделения, разделения и<br>концентрирования           | Подготовка отчета по ЛР, подготовка к<br>устному опросу №2<br>Решение задач по теме.<br>Написание отчетов по ЛР | 10                         | Устный опрос<br>№2, вопросы 1-<br>8 | См. список лит-ры<br>№1,6  |
|              | Методы обнаружения и<br>идентификации                        | Подготовка отчета по ЛР,<br>подготовка к устному опросу №2<br>Решение задач по теме.<br>Написание отчетов по ЛР | 4                          | Устный опрос<br>№2, вопросы<br>9-11 | Методич. указания<br>«Качественный<br>анализ»<br>См. список лит-ры<br>№1,4,5,6 |
|              | Типы химических реакций и процессов<br>в аналитической химии | подготовка к устному опросу №1<br>Написание отчетов по ЛР   | 6                          | Устный опрос<br>№1, вопросы<br>4-6  | См. список лит-ры №<br>1,6   |
|              | Пробоотбор и пробоподготовка                                 | Устное собеседование<br>подготовка к собеседованию  | 6                          | Устный опрос                        | См. список лит-ры<br>№2  |
|              | Основные объекты анализа                                     | Устное собеседование<br>подготовка к собеседованию  | 3                          | Устный опрос                        |  |
|              | Метрологические основы химического<br>анализа                | Устное собеседование<br>подготовка к собеседованию  | 4                          | Устный опрос                        | См. список лит-ры<br>№7<br>доп. №3   |

| Семестр<br>3 | Название раздела, темы                       | Самостоятельная работа обучающихся   |                            | Оценочное<br>средство                | Учебно-<br>методическое<br>обеспечение<br>самостоятельной<br>работы                     |
|--------------|--|--|----------------------------|--------------------------------------|---|
|              |  | Вид самостоятельной работы   | Трудо-<br>емкость<br>(час) |                                      |   |
|              | Гравиметрический анализ                      | Подготовка отчета по ЛР<br>подготовка к коллоквиуму №1<br>Решение задач по теме<br>Написание отчетов по ЛР | 6                          | коллоквиум                           | Методич. указания<br>«Количественный<br>анализ»<br>См. список лит-ры<br>№1,5<br>доп. №3 |
|              | Титриметрический анализ                      | Подготовка отчета по ЛР.<br>подготовка к коллоквиуму<br>Решение задач по теме<br>Написание отчетов по ЛР   | 4                          | Устный опрос<br>№ 3                  | См. список лит-ры<br>№1,5   |
|              | Метод кислотно-основного титрования          | подготовка к коллоквиуму №2<br>Решение задач по теме<br>Написание отчетов по ЛР                            | 10                         | Коллоквиум №2                        | См. список лит-ры<br>№1,5<br>доп. №3  |
|              | Окислительно-восстановительное<br>титрование | подготовка к коллоквиуму №3<br>Решение задач по теме<br>Написание отчетов по ЛР                            | 10                         | Устный опрос<br>№4,<br>Коллоквиум №3 | См. список лит-ры<br>№1,5<br>доп. №3  |
|              | Комплексонометрия,<br>Аргентометрия          | подготовка к коллоквиуму №4<br>Решение задач по теме<br>Написание отчетов по ЛР                            | 4                          | Коллоквиум №4                        | См. список лит-ры<br>№1,5<br>доп. №3  |
|              | Общая трудоемкость                           |  | 71                         |                                      |   |

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине включает в себя:

занятия лекционного типа, лабораторные работы, коллоквиумы, групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.



## 4.3 Содержание учебного материала

### Введение

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

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

### 1.1. Состояние веществ в ионо-молекулярных системах

Состояние веществ в идеальных и реальных системах. Способы выражения действующей массы: активность, равновесная и общая аналитическая концентрации. Константы равновесия реакций и процессов. Теория Дебая-Хюккеля. Коэффициенты активности. Концентрационные константы. Описание сложных равновесий. Условные константы.

### 1.2. Типы химических реакций и процессов в аналитической химии

Основные типы химических реакций в аналитической химии: кислотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления.

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

Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисление pH растворов незаряженных и заряженных кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований, смеси кислот и оснований.

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

Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе.

1.2.3. **Реакции комплексообразования.** Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Классификация комплексных соединений по характеру взаимодействия металл - лиганд, по однородности лиганда, центрального иона (комплексообразователя): внутрисферные комплексы и ионные ассоциаты

(внешнесферные комплексы и ионные пары), однороднолигандные и смешанолигандные, полиядерные (гетерополиядерные и гомополиядерные).

Ступенчатое комплексообразование. Количественные характеристики комплексных соединений: константы устойчивости (ступенчатые и общие). Факторы, влияющие на комплексообразование: строение центрального атома и лиганда, концентрация компонентов, рН, ионная сила раствора, температура.

Классификация комплексных соединений по термодинамической и кинетической устойчивости.

Теоретические основы взаимодействия органических реагентов с неорганическими ионами. Функционально-аналитические группы. Влияние их природы, расположения, стереохимии молекул реагента на ее взаимодействие с неорганическими ионами.

Теория аналогий взаимодействия ионов металлов с неорганическими реагентами типа  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$  и кислород-, азот-, серосодержащими органическими реагентами. Основные типы соединений, образуемых с участием органических реагентов. Хелаты, внутрикомплексные соединения. Факторы, влияющие на устойчивость хелатов: природа донорных атомов и структура реагента, размер цикла, число циклов, характер связи металл-лиганд. Важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе для разделения, обнаружения, определения ионов металлов, для маскирования и демаскирования.

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

### **Методы обнаружения и идентификации**

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

### **1.3. Пробоотбор и пробоподготовка**

Представительность пробы; проба и объект анализа, проба и метод анализа. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы. Отбор проб однородного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ. Первичная обработка и хранение проб.

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

### **1.4. Методы выделения, разделения и концентрирования**

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

концентрирования.

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

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

**1.4.2. Методы осаждения и соосаждения.** Равновесие в системе раствор-осадок. Примеры неорганических и органических реагентов для осаждения. Факторы, влияющие на растворимость осадков: температура, ионная сила, действие одноименного иона, реакции протонизации, комплексообразования, окисления-восстановления. Способы разделения путем установления различных значений pH, образования комплексных соединений и применения окислительно-восстановительных реакций. Групповые реагенты и предъявляемые к ним требования. Характеристики малорастворимых соединений, наиболее часто используемых в анализе. Концентрирование микроэлементов соосаждением на неорганических и органических носителях (коллекторах).

**1.4.3. Хроматографические методы.** Определение хроматографии. Понятие о подвижной и неподвижной фазах. Классификация методов по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по механизму разделения, по технике выполнения. Способы получения хроматограмм (фронтальный, вытеснительный, элюентный).

*Ионообменная хроматография.* Строение и физико-химические свойства ионообменников. Ионообменное равновесие. Селективность ионного обмена, факторы, его определяющие. Области применения ионообменной хроматографии.

*Плоскостная хроматография.* Общие принципы разделения. Способы получения плоскостных хроматограмм (восходящий, нисходящий, круговой, двумерный). Реагенты для проявления хроматограмм.

*Бумажная хроматография.* Механизмы разделения. Подвижные фазы. Преимущества и недостатки. *Тонкослойная хроматография.* Механизмы разделения. Сорбенты, подвижные фазы. Области применения.

## **1.5. Основные объекты анализа**

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

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

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

Производственный анализ. Анализ технологических растворов, сточных вод.

Металлы, сплавы и другие продукты металлургической промышленности. Контроль металлургических производств.

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

## 1.7. Метрологические основы химического анализа

Основные стадии химического анализа. Выбор метода анализа и составление схем анализа. Аналитический сигнал и помехи. Объем информации в аналитическом сигнале. Способы определения содержания по данным аналитических измерений. Основные характеристики метода анализа: правильность и воспроизводимость, коэффициент чувствительности, предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний. Классификация погрешностей анализа. Систематические и случайные погрешности. Способы оценки правильности: использование стандартных образцов, метод добавок, метод варьирования навесок, сопоставление с другими методами.

## 1.8. Гравиметрический анализ

Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Прямые и косвенные методы определения. Осадки и их свойства. Схема образования осадка. Кристаллические и аморфные осадки. Условия получения кристаллических осадков. Зависимость формы осадка от скорости образования первичных частиц их роста. Гомогенное осаждение. Старение осадка (превращение метастабильной кристаллической модификации в более устойчивую форму; химическое старение в результате изменения состава осадка – дегидратации-гидратации, поликонденсации). Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция, окклюзия: внутренняя адсорбция, инклюзия; изоморфизм). Положительное и отрицательное явления соосаждения в анализе. Особенности образования коллоидно-дисперсных систем. Важнейшие органические и неорганические осадители. Погрешности в гравиметрическом анализе. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Изменение состава осадка при высушивании и прокаливании.

## 1.9. Титриметрические методы анализа

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

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

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

**1.9.2. Методы окислительно-восстановительного титрования.** Перманганатометрия. Первичные и вторичные стандарты. Условия проведения перманганатометрических определений.

Йодометрия и йодиметрия. Система йод-йодид как окислитель или восстановитель. Крахмал, как индикатор.

Бихроматометрия. Практическое применение для анализа неорганических и органических веществ.

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

**1.9.4 Комплексонометрическое титрование.** Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Способы комплексонометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешности титрования.

#### 4.3.1. Перечень лабораторных работ

| № п/п | № раздела и темы дисциплины                                    | Наименование лабораторных работ  | Трудоемкость (часы) |                         | Оценочные средства                              | Формируемые компетенции                        |
|-------|--|--|---------------------|-------------------------|---|--|
|       |  |  | Всего часов         | практическая подготовка |   |  |
|       | 1.1.Состояние веществ в ионо-молекулярных системах.            | «Расчет равновесных концентраций в ионо-молекулярных системах»   | 2                   | 2                       | Устный опрос № 1                                | ИДК <sub>ОПК-1.2</sub>                         |
|       | 1.2.Типы химических реакций и процессов в аналитической химии. | Способы выполнения аналитических реакций. Анализ мокрым, сухим путем (пробирочные, капельные, микрокристаллоскопические реакции)   | 2                   | 2                       | Устное собеседование                            | ИДК <sub>ОПК-2.1</sub>                         |
|       | 1.3. Методы обнаружения и идентификации.                       | Выполнение реакций обнаружения на катионы:<br>Ag <sup>+</sup> стр.57 № 2, Pb <sup>2+</sup> стр.60 № 2, Cu <sup>2+</sup> стр.86 № 2, Al <sup>3+</sup> стр.64 № 3, Co <sup>2+</sup> стр..90 № 3, Mn <sup>2+</sup> стр.77 № 1, Ba <sup>2+</sup> стр.53 № 2, K <sup>+</sup> стр.46 № 3, Na <sup>+</sup> стр.48 № 1 | 4                   | 4                       | Решение контрольной задачи на подгруппу серебра | ИДК <sub>ОПК2.4</sub><br>ИДК <sub>ОПК6.1</sub> |

|  |  |  |    |    |   |                        |
|--|--|--|----|----|---|------------------------|
|  | 1.5.Методы выделения, разделения и концентрирования. | Систематический и дробный анализ (сероводородный, на основе сульфида натрия, кислотно-основной)  | 10 | 10 | решение контрольной задачи на 1-4 аналитические группы    | ИДКОПК2.4<br>ИДКОПК6.1 |
|  |  | «Равновесие в гетерогенной среде»  | 6  | 6  | Устный опрос № 2  | ИДКОПК-1.2             |
|  |  | Анионы, их классификация. Выполнение реакций обнаружения сочетаний анионов:<br>SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> с.13;<br>Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , J <sup>-</sup> с.13;<br>NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> с.14                       | 4  | 4  | Решение задачи на обнаружение анионов                     | ИДКОПК2.4<br>ИДКОПК6.1 |
|  |  | Качественный анализ многокомпонентной смеси катионов с использованием бумажной хроматографии:<br>а) Fe <sup>3+</sup> , Cr <sup>3+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup><br>б) Bi <sup>3+</sup> , Ag <sup>+</sup> , Hg <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> | 2  | 2  | Качественный анализ смеси катионов:                       | ИДКОПК2.4<br>ИДКОПК6.1 |
|  |  | Использование ТСХ для разделения и обнаружения органических веществ  | 2  | 2  | Качественный анализ смеси (антрацен, карбазол, фенантрен) | ИДКОПК2.4<br>ИДКОПК6.1 |
|  |  | Анализ индивидуального вещества (скоростная задача)  | 1  | 1  |   | ИДКОПК2.4<br>ИДКОПК6.1 |

|                                      |  |   |    |    |               |  |
|--------------------------------------|--|---|----|----|---------------|--|
|                                      |  | Решение контрольной (сухой) задачи  | 8  | 8  |               | ИДК <sub>ОПК2.4</sub><br>ИДК <sub>ОПК6.1</sub> |
| 1.8.Гравиметрический анализ.         |  |   |    |    |               |  |
|                                      |  | Беседа о технике лабораторных работ в гравиметрическом анализе. Знакомство с аналитическими весами                        | 2  | 2  |               | ИДК <sub>ОПК-2.1</sub>                         |
|                                      |  | Установление содержания $\text{Ba}^{2+}$ в техническом препарате $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                | 10 | 10 | Коллоквиум №1 | ИДК <sub>ОПК2.4</sub><br>ИДК <sub>ОПК6.1</sub> |
|                                      |  | Определение содержания $\text{Fe}^{3+}$ в растворе  | 6  | 6  |               | ИДК <sub>ОПК2.4</sub><br>ИДК <sub>ОПК6.1</sub> |
|                                      |  | Решение расчетных задач   | 2  | 2  |               | ИДК <sub>ОПК-1.2</sub>                         |
| 1.9.Титриметрические методы анализа. |  |   |    |    |               |  |
| 1.9.1.Кислотно-основное титрование   |  | Приготовление 0,1 н раствора $\text{HCl}$ из концентрированного раствора кислоты  | 1  | 1  |               | ИДК <sub>ОПК2.4</sub><br>ИДК <sub>ОПК6.1</sub> |
|                                      |  | Приготовление 0,1 н раствора $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , установление коэффициента поправки рабочего раствора $\text{HCl}$ | 1  | 1  |               | ИДК <sub>ОПК2.4</sub><br>ИДК <sub>ОПК6.1</sub> |



|  |  |   |   |   |  |  |
|--|--|---|---|---|--|--|
|  |  | Приготовление 0,1 н раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .<br>Установление коэффициента поправки рабочего раствора $\text{NaOH}$ . | 1 | 1 |  | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Определение содержания уксусной кислоты в растворе  | 1 | 1 |  | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Установление концентрации раствора сильной кислоты  | 1 | 1 |  | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Устный опрос № 3 «Кислотно-основное равновесие»   | 2 | 2 |  | ИДК <sub>ОПК</sub> -1.2                          |
|  |  | Определение содержания $\text{CO}_3^{2-}$ и $\text{HCO}_3^-$ в пробе воды   | 2 | 2 |  | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Определение содержания $\text{CO}_2$ в карбонатных породах.   | 2 | 2 |  | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4                           |
|  |  | Определение содержания $\text{HCl}$ и $\text{H}_3\text{BO}_3$ при совместном присутствии  | 1 | 1 |  | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Титрование многоосновных кислот.  | 2 | 2 |  | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |

|  |  |   |   |   |               |  |
|--|--|---|---|---|---------------|--|
|  |  | Определение содержания $\text{H}_3\text{PO}_4$  |   |   |               |  |
|  |  | Решение теоретических задач   | 4 | 4 | Коллоквиум №2 | ИДК ОПК-1.2                                      |
|  | 1.9.2. Методы окислительно-восстановительного титрования | Метод перманганатометрии  |   |   |               |  |
|  |  | Приготовление 0,05 н раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ из очищенного препарата $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 1 | 1 |               | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Установление нормальности и коэффициента поправки рабочего раствора $\text{KMnO}_4$   | 2 | 2 |               | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Определение содержания $\text{NaNO}_2$ в техническом препарате  | 2 | 2 |               | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Решение теоретических задач   | 2 | 2 |               | ИДК ОПК-1.2                                      |
|  |  | Устный опрос №4 «Окислительно-восстановительное равновесие»   | 2 | 2 |               | ИДК ОПК-1.2                                      |
|  |  | Метод бихроматометрии   |   |   |               |  |

|  |  |   |   |   |                 |  |
|--|--|---|---|---|-----------------|--|
|  |  | Приготовление 0,05 н раствора $K_2Cr_2O_7$                                | 1 | 1 |                 | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Определение содержания $Fe^{2+}$ в водном растворе                        | 1 | 1 |                 | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Метод йодометрии  | 1 | 1 |                 | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Установление концентрации и коэффициента поправки рабочего раствора $I_2$ | 1 | 1 |                 | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Определение содержания меди в водном растворе                             | 1 | 1 |                 | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Определение содержания $Na_2SO_3$ в сухом препарате                       | 1 | 1 |                 | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |  | Решение теоретических задач   | 2 |   | Коллоквиум №3   | ИДК <sub>ОПК</sub> -1.2                          |
|  | 1.9.4.Компл<br>ексометриче<br>ское<br>титрование | Установление концентрации и коэффициента поправки комплексона III         | 1 | 1 | Коллоквиум № 4. | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |

|  |                               |  |     |     |                               |  |
|--|-------------------------------|--|-----|-----|-------------------------------|--|
|  |                               | Определение жесткости воды                             | 1   | 1   |                               | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |                               | Определение содержания Fe <sup>3+</sup> в растворе     | 1   | 1   |                               | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  |                               | Решение теоретических задач                            | 2   | 2   |                               | ИДК <sub>ОПК</sub> -1.2                          |
|  |                               | Решение контрольной задачи: анализ карбонатной породы. | 12  | 12  |                               | ИДК <sub>ОПК</sub> 2.4<br>ИДК <sub>ОПК</sub> 6.1 |
|  | 1.9.3.Осадительное титрование |  |     |     | Коллоквиум<br>Аргентометрия.» | ИДК <sub>ОПК</sub> -1.2                          |
|  | Всего                         |  | 136 | 136 |                               |  |

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

| №<br>п/п | Тема  | Задание  | Формируемая компетенция  | ИДК   |
|----------|---|--|--|---|
|          | Расчет равновесных концентраций в ионо - молекулярных системах. | Подготовка к устному опросу №1.                        | ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений  | ИДК <sub>ОПК-1.2</sub><br><b>Знать:</b> теоретические основы аналитической химии, существо реакций и процессов, используемых в аналитической химии; принципы и области использования основных методов химического анализа.<br>Иметь представление об особенностях объектов анализа  |
|          | Равновесие в гетерогенной среде.                                | Подготовка к устному опросу №2. Решение задач по теме. | ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование | ИДК <sub>ОПК2.4</sub><br><b>Знать:</b> основные достоинства и недостатки различных методов исследования свойств веществ и материалов.<br><b>Владеть:</b> теоретическими представлениями аналитической химии, основами химических методов анализа неорганических и органических соединений, методологией выбора методов анализа, иметь навыки их применения при проведении аналитических реакций для |

|  |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
|  |   |  | процессов с их участием   | определения элементов в различных объектах.  |
|  |   | Написание отчетов по Лабораторной работе               | ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе | ИДК <sub>ОПК6.1</sub><br><b>Знать:</b> правила составления протоколов отчетов химических опытов, применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, подготовить отчет о выполненной работе.<br><b>Уметь:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии                                   |
|  | Методы обнаружения и идентификации.<br><br>Пробоотбор и пробоподготовка | Подготовка к устному опросу №2. Решение задач по теме. | ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений   | ИДК <sub>ОПК-1.2</sub><br><b>Знать:</b> теоретические основы аналитической химии, существо реакций и процессов, используемых в аналитической химии; принципы и области использования основных методов химического анализа. Иметь представление об особенностях объектов анализа.<br><br><b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ при проведении |

|  |                         |  |  |  |
|--|-------------------------|--|--|--|
|  |                         |  |  | аналитических реакций для определения элементов в различных объектах.  |
|  | Гравиметрический анализ | Подготовка к коллоквиуму №1<br>Решение задач по теме | ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений  | ИДК ОПК-1.2<br><b>Знать:</b> теоретические основы аналитической химии, существо реакций и процессов, используемых в аналитической химии; принципы и области использования основных методов химического анализа.<br>Иметь представление об особенностях объектов анализа.<br><br><b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ при проведении аналитических реакций для определения элементов в различных объектах. |
|  |                         | Написание отчетов по Лабораторным работам            | ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном | ИДК ОПК6.1<br><b>Знать:</b> правила составления протоколов отчетов химических опытов, применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, подготовить отчет о выполненной работе.<br><br><b>Уметь:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области  |

|  |                         |  |   |  |
|--|-------------------------|--|---|--|
|  |                         |  | сообществе  |  |
|  | Титриметрический анализ | Подготовка к устным опросам № 3,4                          | ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений   | ИДК <sub>ОПК-1.2</sub><br><b>Знать:</b> теоретические основы аналитической химии, существо реакций и процессов, используемых в аналитической химии; принципы и области использования основных методов химического анализа. Иметь представление об особенностях объектов анализа.<br><b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ при проведении аналитических реакций для определения элементов в различных объектах. |
|  |                         | Подготовка к коллоквиумам № 2,3,4<br>Решение задач по теме |   |  |
|  |                         | Написание отчетов по Лабораторным работам                  | ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе | ИДК <sub>ОПК6.1</sub><br><b>Знать:</b> правила составления протоколов отчетов химических опытов, применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, подготовить отчет о выполненной работе.<br><b>Уметь:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области   |



#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с подготовкой отчетов по выполненным лабораторным работам, закреплением

теоретического материала в виде решения задач и подготовке к коллоквиумам и устному собеседованию, проводится во внеаудиторное время.

Структура отчета по лабораторной работе:

1. Цель работы.
2. Теоретическая часть.
3. Выполнение расчетных, графических и контрольных заданий в соответствии с методическими указаниями к каждой работе.
4. Вывод (на основе полученных результатов).

Методические рекомендации по выполнению и обработке экспериментальных данных по каждой лабораторной работе описаны в методических рекомендациях, подготовленных преподавателями кафедры (см. приложения). Примеры решения типовых задач представлены в рекомендуемых учебных пособиях и задачниках.

### V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает доступ к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины.

При использовании в образовательном процессе печатных изданий библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных в рабочей программе дисциплины, на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

Обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

#### а) основная литература

##### 1. Хаханина, Татьяна Ивановна

Аналитическая химия [Электронный ресурс] : учеб. пособие для бакалавров, учеб. пособие для студ. вузов / Т. И. Хаханина. - 3-е изд., испр. и доп. - ЭВК. - М. : Юрайт ; [Б. м.] : ИД Юрайт, 2012. - (Бакалавр. Базовый курс). - **Режим доступа:** . - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 20 доступов. - **ISBN 978-5-9916-2035-2.** - **ISBN 978-5-9692-1366-1;**

##### 2. Карпов, Юрий Александрович.

Методы пробоотбора и пробоподготовки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. А. Карпов. - 2-е изд. - ЭВК. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. - (Методы в химии). - **Режим доступа:** . - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - **ISBN 978-5-9963-0768-5 :**

##### 3. Аналитическая химия : учебник: в 3 т. / ред. Л. Н. Москвин. - М. : Академия, 2008. - . - 23 см. - (Высшее профессиональное образование: Естественные науки). - **ISBN 978-5-7695-3955-8.**

**Т. 1** : Методы идентификации и определения веществ / А. А. Белюстин [и др.]. - 2008. - 575 с. : ил. - Библиограф.: с. 563-567. - **ISBN 978-5-7695-3954-1** : всего 15

4. **Аналитическая химия.** Вершинин В.И., Власова И.В., Никифорова И.А. изд-во Лань. 2022г. ISBN 978-5-8114-9166-7
5. **Аналитическая химия:** курс лекций Поддубных Л.П. Красноярский государственный аграрный университет. 2014 г.
6. **Аналитическая химия.** Апарнев А.И. Новосибирский государственный технический университет. 2021 г. ISBN 978-5-7782-4423-8

**б) дополнительная литература**

1. **Трифонова, А. Н.** Аналитическая химия [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / А. Н. Трифонова. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 160 с. - **Режим доступа:** <http://ibooks.ru/reading.php.productid=338907> (<http://ibooks.ru/product.php?productid=338907>). - Режим доступа: ЭБС "Айбукс". - Неогранич. доступ. - **ISBN 978-985-06-2246-4** :
2. **Смагунова, Антонина Никоновна.** Методы математической статистики в аналитической химии [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / А. Н. Смагунова, О. М. Карпукова. - Ростов н/Д : Феникс, 2012. - 347 с. ; 20 см. - (Высшее образование). - **ISBN 978-5-222-19507-9** : геохим (30)



**в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. [www.elar.usu.ru/.../1569/1/1333921\\_exam.pdf](http://www.elar.usu.ru/.../1569/1/1333921_exam.pdf)
2. [http://www.ksu.ru/chmku/docs/kn4\\_06.rtf](http://www.ksu.ru/chmku/docs/kn4_06.rtf)
3. [www.xenoid.ru/.../chem\\_books\\_download.php](http://www.xenoid.ru/.../chem_books_download.php)
4. [http://www.ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana\\_him/lek\\_14.html](http://www.ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana_him/lek_14.html)
5. [http://www.Ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana\\_him/lek\\_1-16html](http://www.Ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana_him/lek_1-16html)
6. <http://www.edu.ru/db/portal/spe/archive.htm>
7. [http://www.krugosvet.ru/.../Himiya\\_analiticheskaya.html](http://www.krugosvet.ru/.../Himiya_analiticheskaya.html)
8. <http://www.edu.ru/window/library?p...>
9. <http://www.novedu.ru>
10. [http://www.newlibrary.ru/.../analiticheskaya\\_himiya](http://www.newlibrary.ru/.../analiticheskaya_himiya)
11. <http://www.anchem.ru>
12. <http://www.ximicat.com/index.php?...chemanalytica.com/>

**г) список авторских методических разработок:**

1. **Качественный анализ** [Текст] : Метод. указ. - Иркутск: Изд-во «ИГУ», 2022/ сост. Н.Ф. Апрелькова [и др.]; рец. Е.А.Писарькова.-2022. -31 с. (100 экз)
2. **Химическое обнаружение анионов** [Текст] : Метод. указ. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2022/ сост. Н.Ф. Апрелькова [и др.]; рец. Е.А.Писарькова.-2022. -24 с. 100 экз)
3. **Количественный анализ** [Текст] : Метод. указ. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2022/ сост. Н.Ф. Апрелькова [и др.]; рец. Е.А.Писарькова.-2022. -47 с. (100 экз)

## **VI.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Кабинеты №210, 213, 232 и 233 оснащены оборудованием, комплектами плакатов, методическими указаниями предназначенными для проведения лабораторных занятий.

| № п/п | Наименование   | Количество       |
|-------|--|------------------|
| 1.    | Штативы с набором реактивов для проведения качественного анализа | каждому студенту |
| 2.    | Штативы с набором пробирок                                       | каждому студенту |
| 3.    | Центрифуги   | 2                |
| 4.    | Микроскопы   | 2                |
| 5.    | Водяные бани   | 2                |
| 6.    | Технические весы   | 2                |
| 7.    | Аналитические весы   | 6                |
| 8.    | Пипетки  | каждому студенту |
| 9.    | Бюретки  | каждому студенту |
| 10.   | Колбы для титрования   | каждому студенту |
| 11.   | цилиндры   | каждому студенту |
| 12.   | Мерные колбы   | каждому студенту |
| 13.   | Муфельные печи   | 2                |
| 14.   | Сушильные шкафы  | 2                |

## **VII.ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В процессе изучения дисциплины используются как традиционные так и инновационные технологии, активные и интерактивные методы и формы обучения: технология объяснительно-иллюстративного объяснений с элементами проблемного изложения, технология профессионально-ориентированного обучения, лекции, объяснительно-иллюстративный метод с элементами проблемного изложения, контрольные и лабораторные работы, коллоквиумы, разбор конкретных ситуаций.

## **VIII.ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **Оценочные средства (ОС):**

11.1. Оценочные средства для входного контроля - нет.

11.2. Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить сформированность составляющих частей компетенций ОПК 1, ОПК 2 и ОПК 6 (ИДК

ОПК-1.2, ИДК ОПК-2.1; ИДК<sub>ОПК2.4</sub>; ИДК<sub>ОПК6.1</sub>). Формируются в соответствии с ЛНА университета в виде устных опросов, коллоквиумов, выполнения лабораторных работ и оформления отчетов.

### Устный опрос №1

Расчет равновесных концентраций в ионо - молекулярных системах.

1. Химическое равновесие в гомогенных системах. Закон действия масс. Идеальные и реальные системы. Причины отклонения реальных систем от идеальных.
2. Способы выражения действующей массы: активность, равновесная концентрация, общая аналитическая концентрация. Суть условия материального баланса. Суть условия электронейтральности.
3. Ионная сила раствора, коэффициент активности. Связь активности иона и его равновесной концентрации. Уравнение Дебая-Хюккеля для расчета коэффициента активности в зависимости от ионной силы раствора. Факторы, влияющие на величину коэффициента активности.
4.  $K^k$  и  $K^t$ , связь между ними.  $K^y$ , основные и побочные реакции,  $\alpha$  - коэффициент (молярная доля).
5. Расчет  $\alpha$ -коэффициента для побочной реакции комплексообразования, протонизации.
6. Основы аналитических расчетов с использованием констант равновесия и балансовых уравнений (материального баланса, электронейтральности).

### Устный опрос 2

Равновесие в гетерогенной среде.

1. Понятие гетерогенной системы. Равновесие между жидкой и твердой фазами. Произведение растворимости, растворимость осадка.
2. Связь  $PP^t$ ,  $PP^k$ ,  $PP^y$  между собой.
3. Расчет  $S$  по  $PP$ , расчет  $PP$  по  $S$ .
4. Факторы, влияющие на растворимость: температура и давление, ионная сила раствора (солевой эффект), электролиты с одноименными ионами, электролиты, вызывающие побочные реакции протонизации, комплексообразования, сочетание нескольких побочных реакций.
5. Теория осаждения сульфидов.
6. Избирательное растворение.
7. Экстракция и ее назначение в аналитической химии. Типы экстракционных систем.
8. Константа и коэффициент распределения, связь между ними. Факторы, определяющие эффективность реакции.
9. Классификация хроматографических методов разделения:
  - а/ по природе фаз
  - б/ по механизму разделения
  - в/ по технике выполнения

10. Способы получения хроматограмм (восходящая, нисходящая, радиальная, двумерная). Техника выполнения хроматографии на бумаге. Расчет  $R_f$ , факторы, влияющие на  $R_f$ . Области использования бумажной хроматографии.
11. Тонкослойная хроматография. Техника выполнения работ. Адсорбенты, используемые в ТСХ. Применение ТСХ в аналитической химии.
12. Решение задач:
  1. Расчет растворимости по ПР
  2. Расчет ПР по растворимости
  3. Влияние на растворимость осадка одноименного и разноименного ионов.
  4. Влияние на растворимость осадка побочных реакций протонизации и комплексообразования.
  5. Расчет условий осаждения.
  6. Расчет концентрации вещества X, оставшейся в водной фазе после экстракции из определенного объема раствора различными порциями органического растворителя.

### Устный опрос №3

#### Кислотно-основное равновесие

1. Основы протолитической теории Бренстеда-Лоури, ее преимущества перед теорией Аррениуса.
2. Роль растворителя в проявлении кислотно-основных свойств веществ. Автопротолиз, константа автопротолиза.
3. Определение протогенных, протофильных, амфипротных и инертных растворителей. Приведите примеры.
4. Сопряженная кислотно-основная пара. Связь константы диссоциации кислоты и сопряженного основания.
5. Буферные растворы. Буферная емкость. Факторы, влияющие на буферную емкость.
6. Определение реакций гидролиза с позиции теории Бренстеда-Лоури.
7. Расчет равновесных концентраций кислот и оснований:
  - а) расчет pH раствора сильной кислоты в широком интервале концентраций.
  - б) расчет pH растворов сильного основания в широком диапазоне концентраций.
  - в) расчет pH растворов многоосновных кислот.
  - г) расчет pH растворов слабых кислот: а)  $\alpha < 5\%$ ; б)  $\alpha > 5\%$ .
  - д) расчет pH растворов гидролизующихся солей.
  - е) расчет pH неводных растворов кислот и оснований.
  - ж) расчет pH буферных растворов.
7. Решение расчетных задач по методу нейтрализации

### Устный опрос № 4

#### Окислительно-восстановительное равновесие

1. Электродный потенциал, уравнение Нернста. Стандартный, формальный, равновесный потенциалы. Их различие и взаимосвязь.
2. Факторы, влияющие на величину потенциала: ионная сила раствора, pH, побочные реакции комплексообразования, осаждения с окисленной (восстановленной) формой.
3. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительной реакции, полноту взаимодействия. Связь между константой равновесия реакции и стандартными потенциалами систем.

### **Коллоквиум №1**

Гравиметрический анализ.

1. Гравиметрический анализ. Сущность метода. Методы осаждения и возгонки. Требования к химическим реакциям, используемым в анализе.
2. Подготовка вещества к анализу: отбор средней пробы, взятие навески, растворение. Осаждение, фильтрование, промывание, подготовка осадка для взвешивания. Вычисление результатов анализа (понятие о факторе пересчета).
3. Осаждаемая и весовая формы осадка. Требования, предъявляемые к ним.
4. Свойства и условия образования кристаллических осадков. «Старение» осадка.
5. Условия образования и свойства аморфных осадков. Образование и коагуляция коллоидных растворов, пептизация осадков.
6. Загрязнение осадков (совместное осаждение, послеосаждение, соосаждение). Виды соосаждения: адсорбция, окклюзия, изоморфизм.
7. Требования, предъявляемые к жидкостям для промывания кристаллических и аморфных осадков.
8. Способы уменьшения соосаждения. Способы очистки осадков от окклюдированных примесей.
9. Решение задач.
  1. Приготовление растворов.
  2. Вычисление весового и %-ного содержания определяемого вещества.
  3. Пересчет на сухое вещество.
  4. Расчет навески и объема растворов, требующихся для реакции.
  5. Расчет объема промывной жидкости.
  6. Расчет потери вещества при промывании осадка.

### **Коллоквиум №2**

Метод кислотно-основного титрования

1. Рабочие и исходные растворы метода, требования, предъявляемые к ним.
2. Кривые титрования: сильной кислоты (основания) слабой кислоты (основания), соли слабой кислоты, многоосновной кислоты, смеси кислот:
  - а) вычислить pH титруемого раствора в начальной точке, до точки эквивалентности, в точке эквивалентности, после точки эквивалентности;
  - б) рассчитать скачок титрования. Указать зависимость скачка от концентрации растворов, силы кислоты и основания, температуры;
  - в) пояснить различие кривых титрования сильных и слабых кислот (оснований);

г).привести примеры титрования, когда точка эквивалентности и точка нейтральности не совпадают и объяснить почему;

3.Кислотно-основные индикаторы. Ионно-хромофорная теория индикаторов.

4.Интервал перехода окраски индикатора и связь его с константой диссоциации индикатора, показатель титрования (pT).

5.Индикаторная ошибка титрования. Вычисление ошибки при титровании сильных кислот (оснований) и слабых кислот (оснований).

6.Решение задач:

а) вычисления при приготовлении растворов, навески для анализа.

б) расчет результатов анализа (прямое титрование, титрование по остатку, обратное титрование.)

### **Коллоквиум №3**

Окислительно-восстановительное титрование

1.Требования, предъявляемые к реакциям для количественных определений.

Факторы, влияющие на скорость окислительно-восстановительных реакций (индуцированные и автокаталитические реакции).

2.Расчет окислительно-восстановительного потенциала при титровании до точки эквивалентности, в точке эквивалентности, после точки эквивалентности, построение кривой титрования.

3. Способы установления конечной точки титрования. Окислительно-восстановительные индикаторы, вычисление интервала перехода индикатора. Выбор индикатора для определения конца титрования с требуемой точностью. Вычисление индикаторной ошибки.

4. Перманганометрия. Характеристика метода, исходные и рабочие растворы. Принципы определения окислителей, восстановителей. Недостатки метода.

5. Йодометрия. Характеристика системы  $I_2/2I^-$ . Факторы, обуславливающие универсальность метода. Характеристика метода, исходные и рабочие растворы. Установка титров. Источники ошибок в йодометрии, способы их устранения. Определение окислителей, восстановителей, сильных кислот, определение меди.

6. Хроматометрия. Особенности метода. Способы определения окислителей и восстановителей, индикаторы.

7. Решение задач:

а).расчет реального потенциала системы, протекающей с участием побочных реакций: протонизации, комплексообразования, осаждения.

б).расчет потенциалов в различные моменты титрования.

в).расчет результатов анализа в редоксиметрии.

### **Коллоквиум №4**

Комплексные соединения в аналитической химии. Комплексонометрия.

Аргентометрия.

1. Образование и свойства комплексных соединений. Основные типы комплексных соединений. Ступенчатые и общие константы устойчивости, связь их между собой.

2. Координационное число, дентатностьлиганда. Моно- и полидентатныелиганды. Органические и неорганические лиганды.

3. Моно- и полиядерные комплексы. Примеры гомо- и гетерополиядерных комплексных соединений.
4. Диссоциация комплексона и влияние рН раствора на диссоциацию.
5. Уравнения реакций образования комплексонатов, строение комплексов, влияние рН на полноту образования комплексов. Возможности избирательного определения ионов металлов.
6. Комплексонометрия. Исходные и рабочие растворы. Кривая титрования. Факторы, влияющие на величину скачка титрования
7. Индикаторы, принцип действия. Требования, предъявляемые к металлохромным индикаторам.
8. Способы титрования комплексом: прямое, обратное, титрование заместителя, примеры. Условия определения жесткости воды,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , расчет результатов анализа.
9. Аргентометрия: расчет и построение кривых титрования. Факторы, влияющие на величину скачка на кривой титрования.
10. Способ Мора. Условия титрования и определения конечной точки титрования. Установление титра рабочего раствора, определение хлоридов.
11. Способ Фольгарда. Рабочие и исходные растворы, индикатор, влияние рН. Затруднения и ошибки при определении конца титрования и как их избежать.
12. Способ Фаянса. Принцип действия адсорбционных индикаторов. Условия проведения титрования.

### Пример контрольной работы

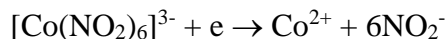
#### Билет №1

1. Рассчитайте скачок потенциала при титровании раствора сульфата железа (II) раствором бихромата калия между недостатком и избытком последнего в 0,1 %, рН=1,0. ( $E^\circ \text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0,77\text{В}$ ;  $E^\circ \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/2\text{Cr}^{3+} = 1,36\text{В}$ )
2. Смешано по 500 мл 3%-ного раствора  $\text{AgNO}_3$  и 1%-ного раствора  $\text{HCl}$ . Рассчитать концентрацию ионов серебра в растворе.
3. Рассчитайте рН раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$  в метиловом спирте.  
 $K\text{CH}_3\text{OH} = 2,0 \cdot 10^{-17}$ ;  $K\text{CH}_3\text{COOH}, \text{CH}_3\text{OH} = 2,0 \cdot 10^{-10}$
4. Во сколько раз следует разбавить 20,24% раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,012 \text{ г/см}^3$ ) для приготовления 0,1 н раствора?
5. Образец серебряного сплава весом 0,4000 г. был растворен в азотной кислоте. Из полученного раствора все содержащееся в нем серебро осаждено избытком соляной кислоты. Вес осадка  $\text{AgCl}$  равен 0,4248 г. Определить процентное содержание серебра в сплаве.



## Билет №2

1. Рассчитайте скачок рН при титровании 0,1 н раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 н раствором  $\text{NaOH}$ . ( $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,74 \cdot 10^{-5}$ )
2. Рассчитайте равновесную концентрацию  $\text{HSO}_3^-$  в 0,1 М растворе  $\text{H}_2\text{SO}_3$  при  $\text{pH}=7,0$ .
3. Рассчитайте формальный потенциал полуреакции :



исходя из величин:  $E^\circ \text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+} = +1,81\text{В}$ ;  $\beta[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-} = 1 \cdot 10^{22}$

4. Для промывания осадка  $\text{BaSO}_4$  массой 0,5000 г. используют 250 мл воды. Во сколько раз уменьшатся потери осадка, если для промывания использовать 250 мл  $5,05 \cdot 10^{-4}$  М раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? (Ионную силу раствора не учитывать).
5. Для стандартизации раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,151 г.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  растворили в разбавленной  $\text{HCl}$ , добавили избыток  $\text{KJ}$  и выделившийся  $\text{J}_2$  оттитровали, затратив 46,1 мл реагента. Рассчитайте нормальность раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

## Пример тестовых заданий

### ВАРИАНТ 1.

#### ЧАСТЬ А

**Инструкция:** В заданиях только один ответ является верным. Выберите верный, по вашему мнению ответ.

#### 1. Коэффициент активности $\gamma < 1$ учитывает следующий фактор:

- а. электростатическое ионное взаимодействие
- б. химическое ионное взаимодействие
- в. Изменение диэлектрической проницаемости среды
- г. взаимодействие иона с водой
- д. изменение активности воды

#### 2. Физический смысл явления, называемого «солевым эффектом»:

- а. увеличение растворимости осадка под действием комплексообразующего реагента
- б. уменьшение растворимости осадка под действием одноименного иона
- в. увеличение растворимости осадка под действием сильных электролитов.

#### 3. Если $\gamma = 0$ , $\alpha_A = \alpha_B = 1$ , для вычисления растворимости осадка типа $\text{A}_m\text{B}_n$ необходимо использовать выражение произведения растворимости:

- а.  $K_S^T$
- б.  $K_S^P$
- в.  $K_S^Y$

**4. Расчеты в титриметрии основаны на законе:**

- а. эквивалентов      б. кратных отношений      в. постоянства состава
- г. действующих масс      д. Авогадро

**5. Интервал рН изменения окраски индикатора зависит от:**

- а.  $K_{\text{дисс}}$  индикатора
- б. концентрации индикатора
- в. интенсивности окраски индикатора
- г. рН титруемого раствора

**6. Скачок на кривой комплексометрического титрования зависит от:**

- а. концентрации ионов титруемого металла и титранта
- б. концентрации ионов титруемого металла и титранта и термодинамической  $K_{\text{уст}}$  образующегося комплексоната
- в. коэффициентов всех побочных реакций
- г. концентрации ионов титруемого металла и титранта, и условной  $K_{\text{уст}}$  образующегося комплексоната
- д. условной  $K_{\text{уст}}$  образующегося комплексоната

**7. Гравиметрическая форма должна:**

- а. быть устойчивой к прокаливанию
- б. иметь интенсивную окраску
- в. иметь минимально возможную молярную массу
- г. иметь точный постоянный стехиометрический состав
- д. иметь максимально возможную молярную массу
- е. не подвергаться действию окружающей среды

**8. Широкое использование комплексонов в аналитической химии обусловлено:**

- а. полидентатностью комплексонов
- б. высокой устойчивостью комплексонатов металлов и простой стехиометрией ( $M:L=1:1$ )
- в. различной скоростью образования комплексонатов металлов
- г. различной и характерной окраской комплексонатов
- д. доступностью реагентов

**9. В качестве первичного стандарта (устойчивого вещества для стандартизации раствора ЭДТА) можно использовать:**

- а.  $\text{KIO}_3$
- б.  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- в.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- г.  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- д.  $\text{MgSO}_4$

**10. В качестве первичного стандарта для установления титра растворов оснований нельзя использовать кислоту:**

- а. бензойную
- б. соляную
- в. янтарную
- г. щавелевую

**11. Величина рН в точке эквивалентности больше 7 при титровании:**

- а. сильной кислоты сильным основанием
- б. слабой кислоты сильным основанием
- в. сильного основания слабой кислотой
- г. слабой кислоты слабым основанием

**12. Расчет потенциала до точки эквивалентности для реакции  $\text{Red}_1 + \text{Ox}_2 > \text{Ox}_1 + \text{Red}_2$  проводится по формуле:**

$$\text{а. } E = \frac{n_2 E_1^0 + n_1 E_2^0}{n_1 + n_2} \quad \text{б. } E = E_2^0 + \frac{0.059}{n_2} \lg \frac{[\text{Ox}_2]}{[\text{Red}_2]} \quad \text{в. } E = E_1^0 + \frac{0.059}{n_1} \lg \frac{[\text{Ox}_1]}{[\text{Red}_1]}$$

**13. Молярная масса эквивалента перманганата калия для реакций, протекающих в кислой среде равна:**

- а.  $M/5$
- б.  $M/4$
- в.  $M/2$
- г.  $M/3$

**14. В окислительно-восстановительном титровании используются:**

- а. специфические и истинные окислительно-восстановительные индикаторы
- б. индикаторы, реагирующие на появление или исчезновение в системе отдельных веществ в процессе титрования
- в. индикаторы, реагирующие на изменение потенциала системы в широком интервале рН

## ВАРИАНТ 2

### ЧАСТЬ А

**Инструкция:** В заданиях 1-14 только один ответ является верным. Выберите верный, по вашему мнению ответ.

**1. Наибольшее влияние на растворимость осадка в системе, где происходит конкурентное взаимодействие ( $\alpha_A \neq 1$ ) оказывает:**

- а. увеличение температуры  
б. увеличение ионной силы  
в. изменение диэлектрической проницаемости растворителя  
г. изменение концентрации ионов, вызывающих изменение  $\alpha_A$

**2. Молярная масса эквивалента  $\text{H}_3\text{PO}_4$  при титровании ее стандартным раствором  $\text{NaOH}$  с индикатором равна:**

- а.  $M(\text{H}_3\text{PO}_4)/3$       б.  $M(\text{H}_3\text{PO}_4)/2$       в.  $M(\text{H}_3\text{PO}_4)$

**3. Окислительно-восстановительный потенциал при титровании раствора соли  $\text{Fe(II)}$  раствором сульфата  $\text{Ce(IV)}$  после точки эквивалентности определяется по формуле:**

- а.  $E = E^0_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} + \frac{0.059}{n} \lg \frac{\text{Ce}^{3+}}{\text{Ce}^{4+}}$       б.  $E = E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} + \frac{0.059}{n} \lg \frac{\text{Fe}^{2+}}{\text{Fe}^{3+}}$   
в.  $E = \frac{n_2 E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} + n_1 E^0_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}}}{n_1 + n_2}$       г.  $E = E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} + \frac{0.059}{n} \lg \frac{\text{Fe}^{3+}}{\text{Fe}^{2+}}$   
д.  $E = E^0_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} + \frac{0.059}{n} \lg \frac{\text{Ce}^{4+}}{\text{Ce}^{3+}}$

**4. Окислительно-восстановительный индикатор это органический аналитический реагент, который изменяет свою окраску при:**

- а. определенном значении потенциала  
б. образовании комплексного соединения с титруемым ионом  
в. образовании комплексного соединения с титрантом  
г. изменении рН

**5. На величину скачка на кривой комплексометрического титрования влияет:**

- а. константа устойчивости комплексоката и исходная концентрация металла  
б. рН и наличие других металлов, вступающих в реакцию с ЭДТА  
в. наличие посторонних веществ, являющихся лигандами для титруемого металла и температура  
г. все перечисленные факторы

**6. Безындикаторным способом титрования является:**

- а. иодометрия
- б. перманганатометрия
- в. броматометрия
- г. аскорбинометрия

**7. Раздельное комплексонометрическое титрование ионов металлов:**

- а. невозможно
- б. возможно, если условные  $K_{уст}$  комплексонов различаются не менее чем в  $10^4$  раз
- в. возможно, если комплексоны металлов имеют различную окраску
- г. возможно, если условные  $K_{уст}$  комплексонов различаются не менее чем в  $10^7$  раз

**8. Чаще всего в качестве стандарта для установления титра растворов кислот используют:**

- а.  $Na_2CO_3$    б.  $Ba(OH)_2$    в.  $KOH$    г.  $C_6H_4(COOH)COOK$  – гидрофталат калия

**9. Точка нейтральности совпадает с точкой эквивалентности при титровании в водных растворах:**

- а. слабой кислоты сильным основанием
- б. слабого основания сильной кислотой
- в. сильной кислоты сильным основанием
- г. сильного основания слабой кислотой
- д. сильной кислоты слабым основанием

**10. Расчет потенциала в точке эквивалентности для реакции  $Red_1 + Ox_2 \rightarrow Ox_1 + Red_2$  проводится по формуле:**

а.  $E = \frac{n_2 E_1^0 + n_1 E_2^0}{n_1 + n_2}$       б.  $E = E_1^0 + \frac{0.059}{n_1} \lg \frac{[Ox_1]}{[Red_1]}$       в.  $E = E_2^0 + \frac{0.059}{n_2} \lg \frac{[Ox_2]}{[Red_2]}$

**11. Произведение растворимости оксалата кальция  $K_s^0 = 2,29 \cdot 10^{-9}$ . Растворимость оксалата кальция:**

*(ответ представить в виде  $X, X \cdot 10^{-x}$ )*

### 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме экзамена).

#### **ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ.**

1. Предмет и задачи аналитической химии. Качественный и количественный анализ. Понятие "аналитический сигнал" и классификация методов химического анализа. Требования, предъявляемые к аналитической химии.
2. Основные стадии аналитических определений. Пробоотбор и его значение. Техника отбора представительной пробы твердых, жидких и газообразных веществ.
3. Способы разложения проб (мокрый и сухой).
4. Классификация методов аналитической химии по количеству анализируемого вещества. Способы обнаружения и определения элементов в аналитической химии. Требования, предъявляемые к аналитическим реакциям. Дробный и систематический ход анализа.
5. Дайте определения и объяснения понятий: обнаружение и определение элементов, химический анализ и анализируемое вещество, аналитическая проба, аналитическая форма элемента, аналитическая реакция, аналитический метод и аналитическая методика, аналитический параметр, химические и физические методы аналитической химии.
6. Способы разделения ионов в аналитической химии. Осаждение, органические и неорганические осадители.
7. Экстракция. Основные параметры, характеризующие экстракционное разделение и концентрирование - степень извлечения и фактор разделения. Константа экстракции и ее связь с коэффициентом распределения. Расчет числа экстракций, необходимых для полного извлечения компонента в органическую фазу.
8. Хроматографические методы разделения. Классификация их по природе фаз, механизму разделения, технике выполнения.
9. Классификация хроматографических методов в соответствии с принципом разделения (адсорбционная, ионообменная, гель-хроматография).
10. Бумажная и тонкослойная хроматография. Техника выполнения работ. Адсорбенты, виды равновесий, устанавливаемых в ТСХ. Применение ТСХ и бумажной хроматографии в аналитической химии.
11. Разделение методом осаждения. Избирательное осаждение и растворение (на примере сульфидов).
12. Разбор схемы хода анализа на катионы с применением сульфида натрия.
13. Аналитические классификации анионов.
14. Химическое равновесие в гомогенных системах. Закон действующих масс. Константа равновесия, ее физический смысл.
15. Идеальные и реальные химические системы. Побочные процессы, которые могут протекать в реальных системах. Уравнение материального баланса, коэффициенты конкурирующих реакций.
16. Константа и степень диссоциации электролитов. Сильные и слабые электролиты. Закон разбавления Оствальда.
17. Ионная сила раствора. Активность и коэффициент активности. Термодинамические, концентрационные и условные константы равновесия, их связь.

18. Типы гетерогенных систем, используемых в аналитической химии. Химическое равновесие в системе "раствор-осадок". Произведение растворимости. Математическая связь между растворимостью и произведением растворимости.
19. Факторы, влияющие на растворимость осадков. Солевой эффект.
20. Кристаллические и аморфные осадки. Условия их образования.
21. Виды и причины загрязнения осадков (соосаждение, послеосаждение, адсорбция, окклюзия, инклюзия, изоморфизм).
22. Ионизация растворителей. Автопротолиз. Ионное произведение воды,  $pH$ .
23. Недостатки теории кислот и оснований Аррениуса. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури, ее достоинства, ограничения.
24. Классификация растворителей с точки зрения протолитической теории кислот и оснований. Основные свойства растворителей, влияющие на протолитическое поведение растворенного вещества.
25. Вычисление  $pH$  растворов сильных и слабых кислот и оснований при достаточно высоких их концентрациях.
26. Вычисление  $pH$  растворов сильных кислот и оснований при их низких концентрациях.
27. Вычисление  $pH$  растворов слабых кислот и оснований при их низких концентрациях.
28. Диссоциация многокислотных оснований и многоосновных кислот. Ступенчатые и полные константы диссоциации. Вычисление  $pH$  растворов многоосновных кислот.
29. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость, ее зависимость от концентрации компонентов. Вычисление  $pH$  буферных растворов.
30. Вычисление  $pH$  растворов гидролизующихся солей.
31. Комплексные соединения и основные аспекты использования их в аналитической химии. Катионные, анионные и нейтральные комплексные соединения. Примеры.
32. Прочность комплексов. Полные и ступенчатые константы устойчивости комплексных соединений. Термодинамическая и кинетическая устойчивость комплексных соединений.
33. Внутрикомплексные соединения (ВКС). Связь в молекулах ВКС. Дентатность лиганда и хелатные циклы в молекулах ВКС, их влияние на прочность ВКС. Привести примеры ВКС, используемых в аналитической химии.
34. Основные аспекты использования органических реагентов в аналитической химии. Механизм действия органических реагентов. Функционально-аналитические группы. Преимущества использования органических реагентов перед неорганическими.
35. Окислительно-восстановительные реакции и основные аспекты использования их в аналитической химии, Стандартные потенциалы и уравнение Нернста. Влияние окислительно-восстановительных потенциалов на направление окислительно-восстановительных реакций.
36. Факторы, влияющие на величину реальных окислительно-восстановительных потенциалов: ионная сила раствора,  $pH$  растворов, протекание конкурирующих реакций осаждения, комплексообразования.
37. Сущность гравиметрического метода анализа. Прямые и косвенные способы гравиметрии. Общая схема прямых гравиметрических определений.
38. Осадкообразование. Кристаллические и аморфные осадки, условия их образования. Преимущества использования кристаллических осадков в гравиметрии.

39. Осаждаемая и весовая формы осадков, предъявляемые к ним требования. Требования к осадителям. Основные источники загрязнения осадков.
40. Расчеты в гравиметрическом анализе. Расчет навески, объема осадителя, результатов анализа. Фактор пересчета.
41. Сущность титриметрического анализа. Основные понятия, используемые в титриметрии: титрование, первичные и вторичные стандарты, исходные вещества, момент эквивалентности, кривые титрования, индикаторы титрования.
42. Общие требования к реакциям, лежащим в основе титриметрических определений. Типы реакций, используемых в титриметрии, классификация методов титриметрии.
43. Способы титрования, примеры. Способы выражения концентрации в титриметрии. Коэффициент поправки. Исходные вещества в титриметрии и предъявляемые к ним требования. Способы установления концентрации растворов.
44. Основные источники ошибок в титриметрии. Измерительная посуда и ее назначение.
45. Теория кислотно-основных индикаторов. Интервал превращения индикатора, показатель титрования. Индикаторные ошибки, их расчет. Общий подход к выбору индикатора.
46. Факторы, определяющие величину скачка на кривой кислотно-основного титрования. Титрование сильных кислот сильным основанием и слабых кислот сильным основанием. Общий вид кривых титрования. Выбор индикатора.
47. Методы окисления-восстановления в титриметрии, их классификация.
48. Кривые окислительно-восстановительного титрования. Скачок титрования. Вычисление величины окислительно-восстановительного потенциала в различные моменты титрования.
49. Индикаторы, применяемые в методах окислительно-восстановительного титрования. Расчет индикаторной ошибки.
50. Обзор важнейших методов окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия, йодометрия, бихроматометрия. Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы, примеры определений.
51. Методы осадительного титрования. Кривые титрования и основные факторы, определяющие величину скачка на кривой. Аргентометрия и роданометрия. Индикаторы, применяемые в осадительном титровании. Примеры осадительного титрования.  
Комплексоны и комплексонометрия, кривая титрования. Факторы, влияющие на величину скачка на кривой титрования. Металлохромные индикаторы. Примеры комплексонометрических определений



### Планируемые результаты обучения для формирования компетенций

| Индикаторы достижения компетенции  | Результаты обучения (знать, уметь, владеть)  | Процедура оценивания   |
|--|--|--|
| ИДК ОПК-1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии | <p><b>Знать:</b> теоретические основы аналитической химии, существо реакций и процессов, используемых в аналитической химии; принципы и области использования основных методов химического анализа.</p> <p>Иметь представление об особенностях объектов анализа.</p> <p><b>Уметь:</b> подготавливать объекты исследования для анализа, проводить экспериментальные исследования по заданной методике, работать на аппаратуре, применяемой в аналитических исследованиях,</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ при проведении аналитических реакций для определения элементов в различных объектах.</p> | Собеседование по теме лабораторных работ.<br>(Смотри. вопросы для текущего контроля)<br>Выполнение лабораторных работ. |
| ИДК ОПК-2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности  | <b>Знать:</b> правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами   | Собеседование по теме лабораторных работ.<br>(Смотри. вопросы для текущего контроля)<br>Выполнение лабораторных работ. |
| ИДК ОПК-2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с   | <b>Знать:</b> основные достоинства и недостатки различных методов исследования свойств веществ и материалов  | Собеседование по теме лабораторных работ.  |

|  |   |  |
|--|---|--|
| использованием серийного научного оборудования   | <p><b>Уметь:</b> проводить простые операции (классификация веществ, составление формул, схем процессов, первичный анализ результатов и т.п.) с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках аналитической химии</p> <p><b>Владеть:</b> теоретическими представлениями аналитической химии, основами химических методов анализа неорганических и органических соединений, методологией выбора методов анализа, иметь навыки их применения при проведении аналитических реакций для определения элементов в различных объектах.</p> | <p>(Смотри. вопросы для текущего контроля)</p> <p>Выполнение лабораторных работ.</p> |
| ИДКОпк6.1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке | <p><b>Знать:</b> правила составления протоколов отчетов химических опытов, применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, подготовить отчет о выполненной работе.</p> <p><b>Уметь:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии</p> <p><b>Владеть:</b> навыками представления результатов собственных научных изысканий в компьютерных сетях и информационной научно-образовательной среде</p>   | Оформление отчетов по лабораторным работам.  |

### УШ. Критерии оценивания результатов обучения:

1. Необходимо выполнить весь перечень лабораторных работ (см. пункт 4.3.1.) Оценивается техника выполнения, оформление отчетов (максимум 60 баллов).
2. Предусмотрено 4 устных опроса и 4 коллоквиума. Каждая тема оценивается максимум на 5 баллов.

Для получения зачета по дисциплине необходимо выполнить лабораторные работы, оформить отчеты, ответить на вопросы текущего контроля. Необходимо набрать минимум 60 баллов.

**Критерии оценивания ответов на экзамене:**

**Оценка «неудовлетворительно»**

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (менее 50 баллов).

**Оценка «удовлетворительно»**

несистематизированные знания предмета, частично сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (50-69 баллов).

**Оценка «хорошо»**

в целом, сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок не принципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач (70 - 85 баллов).

**Оценка «отлично»**

сформированные и систематизированные знания предмета, сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач (86-100 баллов).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия.

**Разработчики:**



доцент

Г.Н. Королева Г.Н.



доцент

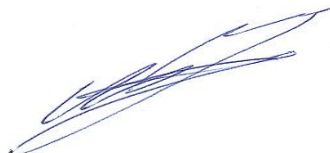
Н.Ф. Апрелкова

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия.

Программа рассмотрена на заседании кафедры аналитической химии

«28 » апреля 2020 г.    Протокол № 5

Зав. кафедрой д.х.н., профессор



А.Г. Пройдаков

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*