**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО "Новосибирский национальный   
исследовательский государственный университет"**

**Факультет естественных наук**

|  |  |
| --- | --- |
|  | УТВЕРЖДАЮ |
|  | Декан ФЕН НГУ, профессор |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Резников В.А. |
|  | «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2014 г. |

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**Программа лекционного курса, практикума и самостоятельной работы студентов**

Курс 2–й, IV семестр

Учебно-методический комплекс

Новосибирск 2014

Учебно-методический комплекс предназначен для студентов II курса Факультета естественных наук (направление подготовки 06.03.01 «Биология» (академический бакалавр) и содержит программу курса, правила расчета индивидуального кумулятивного индекса (ИКИ), контрольные вопросы и примеры расчетных задач по разделам курса.

Составители

М. Б. Бушуев, Т. Д. Федотова, Е. И. Берус, Е. В. Макотченко

© Новосибирский государственный университет, 2014

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Аннотация рабочей программы | 4 |
| 1. Цели освоения дисциплины | 6 |
| 2. Место дисциплины в структуре ООП | 6 |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Аналитическая химия» | 6 |
| 4. Структура и содержание дисциплины | 7 |
| 5. Образовательные технологии | 11 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины | 12 |
| 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины | 31 |
| 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины | 32 |

**Аннотация рабочей программы**

Дисциплина «Аналитическая химия» является частью химического цикла ООП по направлению подготовки 06.03.01 «биология». Дисциплина реализуется на Факультете естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" (НГУ) кафедрой аналитической химии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с химическими методами анализа, теорией химических равновесий в растворе и в системах «осадок – раствор», а также применением методов математической статистики для обработки результатов анализа.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общекультурных компетенций: ОК-7; профессиональных компетенций: ПК-1.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, контрольные работы, решение расчётных задач, домашние задания, консультации, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

**Текущий контроль**. Прохождение студентами курса проходит с использованием системы ИКИ (индивидуального кумулятивного индекса). В течение семестра студенты пишут две контрольные работы, сдают два расчётных задания, готовят и сдают три домашних задания, выполняют восемь лабораторных работ. Преподаватель оценивает уровень подготовки студентов к каждому лабораторному занятию в беседе перед проведением занятия. Контрольные работы, расчётные задания, лабораторные работы оцениваются баллами. В середине семестра преподаватели выставляют оценки в рамках контрольной недели (по пятибалльной шкале). При этом они ориентируются на успехи студента в написании первой контрольной работы, первого расчётного задания и лабораторных работ, выполненных к данному моменту. Своевременное и грамотное выполнение заданий позволяет набрать баллы, необходимые для получения положительной оценки по результатам семестра.

**Итоговый контроль.** Итоговую оценку студент может получить по результатам семестра, получив соответствующее число баллов в результате прохождения соответствующих контрольных точек. Студенты, желающие повысить оценку, полученную по результатам семестра, имеют право воспользоваться экзаменом и набрать необходимое число баллов. Для студентов, не получивших оценку «отлично» или «хорошо» по результатам семестра, экзамен обязателен.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часа. Программой дисциплины предусмотрены 16 часов лекций, 48 часов лабораторных работ, а также 36 часов самостоятельной работы студентов.

**1. Цели освоения дисциплины**

Дисциплина «Аналитическая химия» предназначена для студентов Факультета естественных наук. Основной целью освоения дисциплины является усвоение фундаментальных знаний в области теории химических равновесий и теории химических методов анализа, выработка практических навыков проведения химического анализа и обработки его результатов. Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:

1. изучение теории химических равновесий в растворе и в системах «осадок малорастворимой соли–раствор»;
2. изучение теории и практики химических методов анализа (качественный анализ, гравиметрия, титриметрия), знакомство с основными метрологическими характеристиками анализа.

**2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Аналитическая химия» является частью профессионального (специального) цикла ООП, базовая часть (общепрофессиональные дисциплины), по направлению подготовки «06.03.01 БИОЛОГИЯ», уровень подготовки – «академический бакалавр».

Дисциплина «Аналитическая химия» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

* Физическая химия (строение и свойства атома, природа химической связи, химическая реакция, понятия о кинетике и термодинамике реакций, кислотно-основные равновесия);
* Неорганическая химия (строение и свойства атомов, строение молекул, химическая связь);

Результаты освоения дисциплины «Аналитическая химия» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

* Молекулярная биология;
* Физиологическая химия.

**3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины** **«Аналитическая химия»:**

**общекультурные компетенции:**

* *способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);*

**профессиональные компетенции:**

* *способность эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научно-исследовательских полевых и лабораторных биологических работ (ПК-1);*

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

* иметь представление об основах, особенностях и возможностях химических методов анализа;
* знать теоретические аспекты расчета химических равновесий, способы расчета результатов анализа, основные метрологические характеристики анализа;
* уметь рассчитывать химические равновесия в растворах и в системах «осадок соли–раствор», рассчитывать и обрабатывать результаты анализа, грамотно выполнять основные аналитические процедуры.

**4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и  трудоемкость  (в часах) | | | | | Формы текущего контроля успеваемости  *(по неделям семестра)*  Форма промежуточной аттестации  *(по семестрам)* |
| **Лекция** | **Лабор. работа** | **Самост. работа** | **Контр. работа** | **Экзамен** |
| 1.1 | Методы разделения и химической идентификации | 4 | 1 | 2 | 6 | 2 |  |  | Домашнее задание. |
| 1.2 | Осаждение как метод разделения | 4 | 2 | 2 | 6 | 2 |  |  |  |
| 1.3 | Представление результатов анализа | 4 | 3 | 2 |  | 2 |  |  |  |
| 1.4 | Гравиметрия | 4 | 4 | 2 | 6 | 6 | 2 |  | Домашнее задание.  Расчётное задание №1.  Контрольная работа №1. |
| 1.5 | Титриметрия | 4 | 5 | 2 | 6 | 6 |  |  | Домашнее задание.  Выставление оценок в рамках контрольной недели с учётом результатов, полученных за выполнение расчётного задания №1, контрольной работы №1, лабораторных работ. |
| 1.6 | Кислотно-основное титрование | 4 | 6 | 2 | 12 | 6 |  |  |  |
| 1.7 | Комплексонометрия | 4 | 7 | 2 | 6 | 6 |  |  |  |
| 1.8 | Окислительно-восстановительное титрование | 4 | 8 | 2 | 6 | 6 | 2 |  | Расчётное задание №2.  Контрольная работа №2. |
|  | Всего |  |  | **16** | **48** | **36** | **4** | **4** |  |

Формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работа, самостоятельная работа студента, консультации.

**Программа курса лекций**

*Методы разделения и химической идентификации*

Аналитическая химия как наука, ее цели, задачи, специфика. Идентификация и определение. Качественный и количественный анализ. Метод и методика анализа. Химические методы анализа. Основные этапы анализа – пробоотбор, пробоподготовка, измерение аналитического сигнала, обработка результатов анализа. Аналитический сигнал – качественный и количественный аспекты. Требования к аналитической реакции. Категории избирательности аналитических реакций. Предел обнаружения. Мешающее влияние, способы его устранения. Разделение и маскирование. Дробный и систематический анализ. Аналитические группы элементов в сероводородной схеме анализа.

*Осаждение как метод разделения*

Растворимость, собственная растворимость, произведение растворимости, их связь. Растворимость осадка малорастворимой соли MxAy в чистом растворе, в растворе с общим ионом, в растворе с посторонними ионами (влияние ионной силы). Принципы вычислений растворимости при наличии конкурирующих равновесий. Функция Ледена, ее связь с долями химических форм. Расчет растворимости осадков малорастворимых солей MxAy при постоянной концентрации ионов водорода (учет образования протонированных форм HA(x–1)–, … , HxA), в присутствии постороннего лиганда L (учет образования комплексных форм MLn). Расчет растворимости осадков малорастворимых соединений MAy (гидроксиды металлов, галогениды серебра) в случае образования комплекса с осаждающим анионом A–. Дробное осаждение ионов. Критерии количественного разделения.

*Представление результатов анализа*

Статистический смысл результатов измерений. Генеральная совокупность и выборка. Точность анализа, правильность и прецизионность. Случайные и систематические погрешности. Абсолютные и относительные погрешности. Способы выявления и устранения систематических погрешностей. Истинное значение, принятое опорное значение, среднее значение. Нормальное распределение (распределение Гаусса), его параметры – математическое ожидание и стандартное отклонение. t-распределение (распределение Стьюдента). Среднее значение и стандартное отклонение (стандартное отклонение единичного результата, стандартное отклонение среднего, относительное стандартное отклонение) ограниченной выборки. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Критерий Стьюдента. Необходимое число параллельных определений. Методы оценки правильности. Сравнение результатов двух выборок (F-критерий (критерий Фишера), t-критерий). Значащие цифры, операции с ними. Закон распространения погрешностей. Обработка результатов анализа. Промахи и выбросы. Исключение результатов из выборки. Представление результата анализа.

*Гравиметрия*

Гравиметрия как метод анализа. Методы отгонки. Методы осаждения. Осаждаемая и весовая форма. Гравиметрический фактор. Расчет результатов гравиметрического анализа. Применение закона распространения погрешностей к гравиметрии. Место гравиметрии в системе аналитических методов, ее особенности.

Механизм образования осадка. Относительное пересыщение раствора (уравнение фон Веймарна), образование центров кристаллизации и рост частиц. Метод гомогенного осаждения (метод возникающих осадителей), его особенности, преимущества. Неорганические и органические осадители. Старение осадков. Виды загрязнений осадков. Совместное осаждение, соосаждение (адсорбция, окклюзия, инклюзия) и послеосаждение. Условия аналитического осаждения в гравиметрии.

Применение гравиметрии для анализа биологических объектов (определение зольности).

*Титриметрия*

Характеристика и особенности титриметрии как метода анализа. Титрант, титруемое вещество, индикатор. Точка эквивалентности и конечная точка титрования. Закон эквивалентов. Доля титрования. Принципы расчетов в титриметрии. Эквивалент, молярная масса эквивалента, фактор эквивалентности, нормальная концентрация, связь нормальности и молярности. Принципы расчетов результатов анализа для прямого, обратного и вытеснительного титрования. Практическое применение прямого, обратного и вытеснительного титрования. Применение закона распространения погрешностей к титриметрии. Кривые титрования. Первичные и вторичные стандарты, растворы первичных и вторичных стандартов. Индикаторная погрешность.

*Кислотно-основное титрование*

Вычисления при приготовлении и разбавлении растворов. Способы вычисления pH различных кислотно-основных систем (сильные кислоты и основания, слабые кислоты и основания, смеси сильных и слабых кислот, смеси сильных и слабых оснований, многоосновные кислоты, многокислотные основания, амфолиты (кислые соли, соли катионокислот)). Расчет рН водных растворов аминокислот, изоэлектрическая точка. Значения рН при повышенных температурах (рН крови). Буферные растворы, буферная емкость. Физиологические буферные растворы, поддерживающие постоянство рН крови. Буферирование крови в легких. Буферные растворы для биологических и клинических измерений.

Кривые титрования сильных одноосновных кислот и однокислотных оснований. Кривые титрования слабых одноосновных кислот и однокислотных оснований. Кислотно-основные индикаторы.

Применение кислотно-основного титрования к анализу белков и других азотсодержащих веществ (Метод Кьельдаля).

*Комплексонометрия*

Комплексонометрия, ее применение. Комплексоны, ЭДТА. Особенности взаимодействия ЭДТА с ионами металлов. Описание равновесий в системах «ион металла–ЭДТА» при заданном рН в присутствии вспомогательного лиганда. Условные константы комплексообразования β″ и β′, их связь с константой устойчивости β. Условие количественного протекания реакции в комплексонометрии.

Кривые комплексонометрического титрования. Металлохромные индикаторы, требования к ним.

Применение комплексонов в клиническом анализе.

*Окислительно-восстановительное титрование*

Окислительно-восстановительное титрование, его применение. Особенности окислительно-восстановительных реакций. Электродный потенциал. Зависимость электродного потенциала от концентраций (уравнение Нернста). Стандартный и реальный (формальный) электродные потенциалы полуреакции. Зависимость потенциала от pH среды (на примере полуреакций типа Ox + ne + mH+ = Red + (m/2)H2O). Расчет константы равновесия окислительно-восстановительной реакции. Связь константы равновесия с потенциалами полуреакций.

Кривые окислительно-восстановительного титрования в случаях, когда: а) титрант является окислителем, б) титрант является восстановителем. Особые точки кривых титрования. Индикация конечной точки в окислительно-восстановительном титровании (безындикаторное титрование, окислительно-восстановительные индикаторы).

**5. Образовательные технологии**

Виды/формы образовательных технологий. Особенность курса – применение модульно-рейтинговой системы для оценки знаний студента (система ИКИ). Данная система позволяет постоянно контролировать уровень знаний студента и стимулирует его к активной работе в течение всего семестра. Издана программа курса, в состав которой входит вся необходимая информация методического плана, включая программу лекций, правила прохождения контрольных точек, примеры задач на контрольных работах, контрольные вопросы, список литературы и т.д.. Для того, чтобы заинтересовать студента в подготовке к каждому лабораторному занятию, каждое занятие начинается с беседы преподавателя со студентами, в которой обсуждаются химические реакции, лежащие в основе данного метода анализа, источники погрешностей и другие тонкости. При этом может проводиться поиск альтернативных вариантов методики анализа. Таким образом, такую форму проведения лабораторных работ можно считать интерактивной формой обучения. Лектор ведет лабораторные работы в одной из групп, что позволяет ему оценивать усвоение материала студентами и соответствующим образом модифицировать лекционный курс и контрольные работы. Лабораторные работы в практикуме по аналитической химии включают выполнение химического анализа по всем основным разделам теоретического курса и выполняется в лаборатории кафедры аналитической химии. Студенты учатся отбирать пробы и готовить их к анализу, проводить идентификацию и определение различных соединений и проводить обработку результатов анализа. В ходе обсуждения с преподавателем работы студент должен продемонстрировать знание теоретических основ работы, может предложить какие-либо вариации методики. Следует отметить, что преподаватели, участвующие в курсе «аналитическая химия», применяют методы химического анализа в своих исследованиях.

Преподаватели, участвующие в проведении курса, регулярно готовят и издают учебно-методические пособия, посвященные различным разделам курса. Эти пособия размещаются и в электронном виде на сайте Факультета естественных наук.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Важнейшие моменты программы курса «Аналитическая химия», связанные с теорией химических равновесий и теоретическими основами химических методов анализа, разбираются на лекциях. Частные вопросы студенты изучают самостоятельно по источникам, указанным лектором. Выполняя домашние и расчетные задания, студенты закрепляют знания теоретических основ курса, полученные в рамках лекционных и самостоятельных занятий, и готовятся к написанию контрольных работ. Лабораторные работы, тематически связанные с лекциями, иллюстрируют на практике возможности химических методов анализа, а также имеют своей целью привитие навыков работы в химической лаборатории, правильного обращения с химической посудой и реактивами, умения выполнять основные аналитические операции и проводить статистическую обработку полученных результатов.

Курс содержит следующие виды учебной работы:

1. лекции;
2. учебные экспериментальные задачи (УЗ);
3. контрольные экспериментальные задачи (КЗ);
4. итоговая контрольная экспериментальная задача (ИКЗ)
5. домашние задания (ДЗ);
6. расчетные задания (РЗ);
7. контрольные работы (КР);
8. экзамен.

При прохождении курса «аналитическая химия» студенты работают по системе ИКИ (индивидуальный кумулятивный индекс).

1. Суть системы ИКИ заключается в том, что все виды учебной работы (за исключением лекций и домашних заданий) оцениваются определенным числом баллов. Своевременное выполнение заданий позволяет набрать число баллов, необходимое для получения положительной оценки по результатам семестра.

2. Сроки выполнения всех видов учебной работы регламентируются календарным планом.

3. Лабораторные работы выполняются студентами только со своей группой. Отставание от сроков выполнения работы по уважительной причине учитывается преподавателем в индивидуальном порядке.

4. Лабораторные работы оцениваются согласно принятым на кафедре критериям оценки. Они учитывают соответствие результата истинному значению содержания определяемого компонента, качество выполнения аналитических процедур, корректное представление результата анализа и выполнение правил техники безопасности. Подготовка к лабораторным работам включает в себя ознакомление с их теоретическими основами и выполнение необходимых подготовительных расчетов. Работа считается выполненной только в том случае, если студент набрал не менее 50% баллов. Повторное выполнение работы оценивается с понижающим коэффициентом 0,75.

5. Отчет о лабораторной работе ведется в лабораторном журнале непосредственно во время ее выполнения. Он включает в себя дату выполнения работы и ее название, запись необходимых наблюдений и первичных данных, обработку результатов анализа и корректное представление результата анализа. Ведение лабораторного журнала оценивается преподавателем в конце семестра.

6. Решение расчетного задания позволяет студенту закрепить понимание лекционного материала и подготовиться к контрольной работе. При невыполнении расчетного задания в установленный календарным планом срок, полученное число баллов умножается на коэффициент 0,75. Отставание студента по уважительной причине учитывается в индивидуальном порядке.

7. Выполнение домашнего задания – необходимый этап подготовки к выполнению лабораторной работы. Домашнее задание включает в себя ознакомление с основами и особенностями методов анализа.

8. Проработка контрольных вопросов позволяет получить более глубокие знания по аналитической химии и закрепить лекционный материал, подготовиться к выполнению контрольных работ, а также лучше понять материал лабораторных работ.

9. Контрольные работы проводятся для всего потока одновременно. Задания, предлагаемые на контрольных работах, могут включать как теоретические вопросы, так и расчетные задачи. Неявка на контрольную работу без уважительной причины делает невозможной аттестацию студента по результатам семестра без сдачи экзамена.

10. Максимальная сумма баллов, включающая баллы за выполнение лабораторных работ, расчетных заданий и контрольных работ, ведение лабораторного журнала, составляет 1000 баллов.

11. Критерии получения оценки по результатам семестра:

более 880 баллов – «ОТЛИЧНО»;

750 – 880 баллов – «ХОРОШО»;

12. Студенты, не получившие оценки по результатам семестра, а также студенты, желающие повысить полученную оценку, сдают экзамен. Экзамен, включающий теоретические вопросы и задачи, проводится в письменном виде и оценивается в 200 баллов. Для повышения оценки на экзамене студенту необходимо набрать

не менее 150 баллов – на оценку «ОТЛИЧНО»;

не менее 110 баллов – на оценку «ХОРОШО»;

не менее 80 баллов – на оценку «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО».

**Рекомендованная литература к теоретическому курсу**

1. *Кристиан Г.* Аналитическая химия: в 2 т. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013.

2. *Золотов Ю. А., Дорохова Е. Н., Фадеева В. И. и др.* Основы аналитической химии. М.: Высш. шк., 2000 – 2006 – Кн. 1, 2.

3. *Дорохова Е. Н., Прохорова Г. В.* Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2001.

4. *Лавренова Л. Г., Миронов И. В., Федотова Т. Д., Притчина Е. А., Берус Е. И.* Основы аналитической химии, Новосибирский гос. ун-т. Новосибирск, 2005.

5. *Доерфель К.* Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 2000.

6. *Жебентяев А.И., Жерносек А.К., Талуть И.Е.* Аналитическая химия. Химические методы анализа.Минск: Новое знание, 2010.

**Практикум по аналитической химии**

Практикум по аналитической химии имеет цель научить студентов грамотной работе по проведению химического анализа, включая манипуляции с аналитическими весами, мерной посудой, приготовлению и стандартизации растворов. В практикуме студенты выполняют задачи по идентификации катионов III аналитической группы, хроматографии, гравиметрии и титриметрии.

На первом занятии студенты знакомятся с основами техники безопасности и правилами работы в лаборатории аналитического профиля. Студентов знакомят с мерами предупреждения несчастных случаев и порядком действия в критических ситуациях. Рассматриваются приемы оказания первой помощи при порезах, при отравлениях неорганическими и органическими веществами. Каждый студент после прохождения инструктажа по технике безопасности обязан расписаться в соответствующем журнале о том, что он прошел первичный инструктаж на рабочем месте и готов к работе. Без персональной росписи студент к работе в лаборатории не допускается.

В практикуме каждый студент должен выполнить одну учебную задачу, шесть контрольных задач и одну итоговую контрольную задачу. Контрольные задачи и итоговая контрольная задача выдаются каждому студенту индивидуально.

Перед выполнением анализа студент должен ознакомиться с соответствующим теоретическим разделом курса «аналитическая химия». Это необходимо для того, чтобы иметь представления о реакциях, лежащих в основе метода анализа, а также источниках погрешностей. При приёме результата преподаватель задает вопросы, касающиеся, в частности, особенностей методики анализа.

**Литература к практикуму**

1. *Притчина Е. А., Лавренова Л. Г., Федотова Т. Д.* Химические методы анализа. Практическое руководство,Новосибирский гос. ун-т. Новосибирск, 2014.

**Перечень учебных и контрольных экспериментальных задач**

**УЗ1** – Типы аналитических реакций. Разделение и маскирование (20 баллов)

**КЗ1** – Идентификация катионов III аналитической группы (50 баллов)

**КЗ2** – Гравиметрическое определение никеля с диметилглиоксимом (90 баллов)

**КЗ3** – Титриметрическое определение соляной кислоты (80 баллов)

**КЗ4** – Титриметрическое определение слабой кислоты (70 баллов)

**КЗ5** – Комплексонометрическое определение металлов (70 баллов)

**КЗ6** – Окислительно-восстановительное титрование. Определение железа(II) (70 баллов)

**ИКЗ** – Анализ реальных объектов (100 баллов)

Ведение лабораторного журнала оценивается в 30 баллов

**Перечень домашних заданий**

**ДЗ1** – Техника выполнения аналитических операций в методах разделения и идентификации.

**ДЗ2** – Техника гравиметрического анализа. Взвешивание на аналитических весах.

**ДЗ3** – Техника титриметрического анализа. Обращение с мерной посудой, ее калибровка.

**Темы расчетных заданий и контрольных работ**

**РЗ1 –** Гравиметрический анализ, равновесия «осадок–раствор», статистическая обработка результатов анализа (70 баллов)

**КР1** – Гравиметрический анализ, равновесия «осадок–раствор», статистическая обработка результатов анализа (140 баллов)

**РЗ2** – Титриметрический анализ, равновесия в растворе, статистическая обработка результатов анализа (70 баллов)

**КР2** – Титриметрический анализ, равновесия в растворе, статистическая обработка результатов анализа (140 баллов).

**Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы** (в объеме часов, предусмотренных образовательным стандартом и рабочим учебным планом данной дисциплины).

*Методы разделения и химической идентификации*

1. Сформулируйте понятия «аналитический сигнал» и «аналитическая реакция». Как эти понятия связаны с идентификацией и определением компонентов? Какими признаками характеризуется аналитическая реакция?

2. Какие требования предъявляются к аналитическим реагентам? Что такое избирательность аналитической реакции? Приведите примеры специфических, селективных и групповых аналитических реагентов. Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения.

3. Что такое предел обнаружения химического компонента? В каких единицах он выражается?

4. Какими приемами можно повысить избирательность аналитической реакции?

5. Какие методы существуют в химическом анализе для устранения влияния мешающих определению ионов?

6. Приведите три примера аналитических определений, в ходе которых применяется метод маскирования мешающих определению компонентов. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения.

7. В каких случаях для аналитического определения применяется метод разделения? Приведите примеры такого подхода для выделения и идентификации анализируемого компонента раствора.

8. В чем заключается принципиальное отличие метода дробного анализа от систематического? Поясните различие этих методов на конкретных примерах анализа.

9. Как идентифицировать Co2+ в присутствии Fe3+? Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения.

10. Чем обусловлено широкое использование в химическом анализе внутрикомплексных соединений? Приведите примеры аналитических реакций, в которых они используются для селективного определения ионов никеля, кобальта и алюминия.

*Осаждение как метод разделения*

1. Определите понятия: молярная растворимость, собственная растворимость, произведение растворимости и объясните их взаимосвязь на конкретных примерах с приведением формул для расчета.

2. В каких случаях можно сравнивать растворимость солей в воде по сопоставлению значений их произведений растворимости? Когда такое сравнение некорректно и почему? Какие факторы следует дополнительно учитывать при расчете растворимости некоторых солей в воде?

3. Всегда ли избыток осадителя повышает полноту осаждения труднорастворимого соединения? В каких случаях этот эффект может не достигаться? Приведите примеры различного влияния избытка осадителя на процесс осаждения.

4. Как влияет на растворимость осадка присутствие в растворе посторонних или одноименных с осадком ионов? Приведите примеры, демонстрирующие эти влияния.

5. Растворимость каких осадков зависит от кислотности среды? Приведите примеры осадков, растворимость которых изменяется при понижении или повышении pH раствора. Напишите уравнения реакций, которые при этом происходят.

6. Какие осадки образуются при осаждении катионов Al3+ и Cr3+ растворимыми солями слабых кислот? Напишите уравнения реакций, которые при этом происходят.

7. Рассчитать растворимость гидроксида алюминия при pH= 4,0, 7,0 и 9,0. При каком значении pH растворимость осадка минимальна? Чему равна собственная растворимость гидроксида алюминия?

8. Рассчитать растворимость оксалата свинца в насыщенном водном растворе при pH = 7,0.

9. В каком случае растворимость гидроксида кадмия, взятого после старения, будет больше: а) в воде; б) в аммиачном буферном растворе с равновесной концентрацией аммиака 0,10 моль/л и pH = 10; в) в 0,10 М растворе NaOH?

10. В каком случае растворимость карбоната цинка будет больше: а) в аммиачном буферном растворе с равновесной концентрацией аммиака 0,10 моль/л и pH = 9,0; б) в ацетатном буферном растворе с равновесной концентраций ацетат-ионов 0,10 моль/л и pH = 5,0?

11. Какими способами можно добиться селективного осаждения ионов из раствора в присутствии других мешающих ионов? Приведите примеры с уравнениями реакций.

12. Какие критерии применяются для оценки количественного разделения?

13. К раствору с постоянным значением pH = 3,0, содержащему 0,10 моль/л фторида натрия и 0,20 моль/л оксалата натрия, постепенно по каплям добавляют концентрированный раствор нитрата бария. Можно ли осуществить в этих условиях количественное (99%) разделение анионов? Разбавлением раствора при добавлении осадителя и влиянием солевого эффекта пренебречь.

14. Чем хроматографический метод анализа отличается от известных Вам классических методов? Что такое хроматограмма, хроматографическая зона, хроматографический пик? Как по хроматограмме определить качественный и количественный состав анализируемой смеси?

15. На хроматографическую бумагу, пропитанную нитратом свинца, нанесли каплю раствора, содержащую по 0,010 моль/л анионов I–, S2–, PO43–. Хроматограмму промыли дистиллированной водой. Рассчитайте расположение хроматографических зон, схематично изобразите их последовательность.

*Представление результатов анализа*

1. Что такое случайные и систематические погрешности? Как они связаны с понятиями воспроизводимости и правильности анализа?

2. С помощью каких величин аналитик характеризует воспроизводимость анализа? Приведите формулы расчета всех этих величин.

3. Дайте определение понятию «доверительный интервал» (ДИ). От каких факторов зависит его величина?

4. Чем отличается способ расчета ДИ для случайной выборки (t-распределение) и генеральной совокупности (нормальное распределение)?

5. Как следует изменить количество параллельных определений чтобы уменьшить величину ДИ в 1,3 раза (Р = 0,95), считая постоянным значение стандартного отклонения при условии, что исходное число результатов в выборке равняется четырем?

6. Сформулируйте правило корректного представления измеренной или вычисленной величины на основе понятия «значащие цифры» и «погрешность измерения».

7. Представьте запись следующих чисел в нормальном виде: 0,987; 2450; 0,007800; 0,10; 2,45; 10,890. Сколько значащих цифр в этих числах, если недостоверной является последняя?

8. Запишите следующие величины: 0,2515; 2,0009; 15,60; 0,07000 а) с тремя значащими цифрами; б) с четырьмя значащими цифрами.

9. Навеску декагидрата тетраборнокислого натрия (бура) массой 1,5670 г растворили в мерной колбе на 100,0 мл и отобрали аликвоту объемом 5,00 мл. Сколько моль ионов натрия содержится в этой аликвоте?

10. Для определения влажности почвы в тигель массой 10,8768 г помещают навеску массой 2,2500 г, после высушивания масса тигля с образцом составляет 13,0980 г. Представьте корректную запись процентного содержания влаги в почве.

11. Представьте правильную запись значения концентрации 1,0895 М соляной кислоты, если погрешность ее определения составляет а) ± 0,5 %; б) ± 1·10–3 М.

12. Какие статистические критерии используются для обнаружения и выбраковки «промахов» анализа?

13. Что такое «систематические» погрешности? Укажите все способы их обнаружения.

14. Аликвоты 0,1000 М раствора серной кислоты, приготовленного из фиксанала, объемом 20,00 мл титруют 0,2245 N раствором щелочи, расход титранта составляет (мл) 17,75; 17,78; 17,72; 17,80; 17,75. Допущена ли систематическая погрешность при приготовлении раствора фиксанала (Р = 0,95)?

15. Образец содержит железо с разными степенями окисления: Fe(II) и Fe(III). По данным химического анализа суммарное содержание железа равно 45,60 % (sr = 0,005), а содержание Fe(II) равно 35,45 % (sr = 0,008). Оцените величину относительного стандартного отклонения для величины процентного содержания Fe(III).

16. Рассчитайте результат титриметрического определения процентного содержания хлорида натрия в образце и оцените его относительную погрешность. Объем титранта – 23,35 ±0,03 мл, Концентрация титранта – 0,03860 ±0,00009 М, масса образца 0,5070 ±0,0002 г.

#### Гравиметрия

1. В чем заключается преимущество гравиметрического метода анализа по сравнению с другими химическими и физико-химическими методами? Чем определяется минимально возможная погрешность гравиметрии? От каких факторов зависит правильность и точность гравиметрического анализа?

2. Какие операции включает, как правило, методика гравиметрического определения по методу осаждения?

3. Почему осаждение следует вести при низком относительном пересыщении? Как создать такие условия?

4. В чем смысл и преимущества гомогенного осаждения? Каким образом оно осуществляется? Приведите два примера используемых для этого реагентов с условиями осаждения и уравнениями реакций.

5. Как рассчитать оптимальное количество осадителя в гравиметрическом анализе? Перечислите все факторы, которые необходимо при этом учитывать, чтобы избежать большой погрешности анализа.

6. Какие процессы протекают при выдерживании осадка длительное время в маточном растворе? В каком случае такое выдерживание способствует улучшению качества осадка?

7. Какие способы промывания осадка используют в гравиметрии? Как правильно выбрать состав промывной жидкости в зависимости от осаждаемой формы?

8. Сформулируйте требования к осаждаемой и весовой (гравиметрической) форме.

9. Укажите все способы переведения осаждаемой формы в весовую. Приведите примеры гравиметрических определений, когда осаждаемые и весовые формы совпадают или не совпадают по химическому составу.

10. Что такое гравиметрический фактор? Приведите два примера расчета гравиметрического фактора для определения заданных вами компонентов химических соединений. Обоснуйте число значащих цифр в математическом расчете гравиметрических факторов в Ваших примерах.

11. Выберите гравиметрические формы из предложенных для анализа катионов Zn2+ (ZnO или Zn2P2O7 ) и Al3+ (Al2O3 или AlPO4). Обоснуйте Ваш выбор расчетом.

12. Какие свойства диметилглиоксима (реактива Чугаева) позволяют использовать его для селективного определения никеля в гравиметрии? Обоснуйте условия осаждения, созревания, фильтрования и высушивания диметилглиоксимата никеля. Какие этапы анализа могут привести к появлению систематических погрешностей? Как избежать или минимизировать эти погрешности?

13. Рассчитайте растворимость диметилглиоксимата никеля в воде при рН = 9,0. Достаточно ли 30 %-го избытка диметилглиоксима для количественного осаждения 0,035 г Ni2+ (99 %) из 100 мл раствора при рН = 9,0?

14. Как рассчитывается результат гравиметрического определения? Какой должна быть минимальная масса весовой формы осадка, чтобы относительная погрешность ее определения не превышала 0,1%?

15. Что такое зольность? В каких единицах она выражается? Как она связана с содержанием органического вещества?

#### Титриметрия

1. Укажите все типы реакций, используемых в титриметрии (примеры с уравнениями реакций).

2. Каким требованиям должны удовлетворять эти аналитические реакции?

3. Сравните методы титриметрии и гравиметрии по точности и экспрессности. Обоснуйте ваши заключения.

4. Что такое кривая титрования? В каких координатах принято ее представлять для разных титриметрических методов? Приведите ее схематические изображения.

5. Какие константы (справочные данные) используются при расчете кривых титрования для различных титриметрических методов?

6. Дайте определение для понятий: скачок титрования; точка эквивалентности; конечная точка. Запишите выражение для закона эквивалентов в различных формах.

7. Определите общие критерии выбора индикатора для титрования и требования к соотношению его концентрации и концентрации титранта (определяемого вещества).

8. Дайте определение индикаторной погрешности и приведите ее взаимосвязь с долей титрования. Как оценить индикаторную погрешность из уравнения кривой титрования в случаях, когда: а) раствор недотитрован; б) раствор перетитрован?

9. Перечислите все факторы, от которых зависит погрешность титриметрического анализа, и способы ее минимизации.

10. Дайте определение фактора эквивалентности (для кислотно-основного и окислительно-восстановительного титрования), молярной и нормальной концентрации и приведите уравнение их взаимосвязи. Приведите примеры для этих методов.

11. Какие приемы используются в титриметрии для приготовления растворов с точной концентрацией (приведите примеры с конкретными расчетами)?

12. В чем заключается процесс стандартизации титранта? Каким требованиям должен удовлетворять первичный стандарт?

13. Получите формулу для расчета интервала примерной массы навески первичного стандарта (с учетом молярной массы и фактора эквивалентности), на титрование которого расход титранта с примерной нормальностью N составит 20…25 мл.

14. В чем заключается сущность метода обратного титрования? В каких случаях он применяется? Приведите пример с формулой для расчета.

15. В чем заключается метод замещения (вытеснения)? Приведите пример с уравнениями реакций.

*Кислотно-основное титрование*

1. Укажите критерии количественного титрования (с погрешностью не более 1 %) слабых кислот и оснований методом кислотно-основного титрования.

2. Рассчитайте рН следующих 0,10 М растворов: а) аскорбиновой кислоты; б) фосфорной кислоты; в) серной кислоты; г) морфолина; д) гидроксида лития.

3. Рассчитайте рН следующих растворов, полученных смешением равных объемов: а) 0,20 М соляной кислоты и 0,20 М бензойной кислоты; б) 0,20 М аммиака и 0,10 М гидроксида натрия; б) 0,20 М уксусной кислоты и 0,10 М гидроксида натрия; в) 0,10 М гидрокарбоната натрия и 0,10 М гидроксида натрия.

4. Приведите примеры веществ, используемых в качестве первичных стандартов для стандартизации рабочих растворов кислот и щелочей. Укажите для них молярные массы эквивалентов и используемые индикаторы.

5. В каких случаях кривая кислотно-основного титрования имеет симметричный вид? Укажите рН в точке эквивалентности для этих случаев.

6. От чего зависит величина скачка титрования на кривой кислотно-основного титрования?

7. Как из кривой титрования слабой кислоты (слабого основания) оценить значения их констант диссоциации?

8. Какие из следующих солей можно определять методом кислотно-основного титрования: гидросульфат натрия, гидрокарбонат калия, бромид аммония, фосфат натрия? Напишите уравнения реакций и укажите индикаторы.

9. Рассчитайте рН в точках эквивалентности кривых титрования: а) 0,10 М молочной кислоты; б) 0,10 М аммиака; в) 0,10 М угольной кислоты; г) 0,10 М цианида калия.

10. Укажите факторы эквивалентности соляной, серной и фосфорной кислот при титровании их щелочью по: а) метиловому оранжевому; б) фенолфталеину.

11. Сформулируйте принцип выбора индикатора при кислотно-основном титровании и связь рТ индикатора и рН точки эквивалентности.

12. Оцените индикаторную погрешность при титровании щелочью раствора дихлоруксусной кислоты по: а) фенолфталеину б) феноловому красному. Какой из индикаторов предпочтительнее?

13. Что такое буферный раствор? Из каких компонентов они готовятся? Приведите примеры кислых и щелочных буферных растворов.

14. Приведите формулу для расчета рН буферных растворов и их буферной емкости.

15. Почему аминокислоты обнаруживают свойства амфолитов? Напишите соответствующие равновесия и приведите значения констант.

16. Приведите формулы для расчета рН водных растворов аминокислот и рН в изоэлектрической точке.

17. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе метода Кьельдаля, используемого для определения азота в биологических объектах. Приведите формулу для расчета процентного содержания азота, если N1 и N2 – нормальные концентрации серной кислоты (поглотитель) и щелочи соответственно, V1 и V2 – их объемы (мл), m – навеска образца (г).

18. Какая кислотно-основная система несет главную ответственность за значение рН крови? Как меняется в ней соотношение компонентов при смещении рН крови в кислую область (ацидоз) и в щелочную (алкалоз)?

19. В каких пределах может меняться рН крови здорового человека? Представьте принцип расчета этих значений.

20. Какие другие буферные системы существуют в живых организмах (укажите их состав)?

21. Почему измерения рН крови для диагностических целей обычно выполняют при 37°С?

22. Чему равны рН и рОН в желудке при 37°С, если [Н+] = 0,05 моль/л? Как изменятся эти значения при уменьшении температуры до 25°С?

23. Назовите основные буферные системы, применяющиеся в биологических и клинических исследованиях.

*Комплексонометрия*

1. Чем объясняется широкое применение ЭДТА в качестве титриметрического реагента?

2. Для чего в комплексонометрии вводят условные константы комплексообразования металлов с ЭДТА β' и β"? Как они связаны с табличной константой устойчивости β[MY]n–4?

3. Какому условию должна удовлетворять величина условной константы образования комплекса [MY]n–4, чтобы ошибка титрования за счет неполного протекания реакции не превышала 1%; 0,1%?

4. Зачем при комплексонометрическом титровании в растворах создают буферную среду?

5. Что представляют собой металлохромные индикаторы? Каков принцип действия металлохромного индикатора и как правильно его подобрать?

6. Каково должно быть значение условной константы образования комплекса металла с индикатором для максимально правильной регистрации конечной точки титрования, если в конечной точке титрования 50% индикатора связано металлом?

7. В каких координатах строят кривую комплексонометрического титрования? Какие факторы влияют на ее вид?

8. Какие случайные и систематические погрешности могут возникать в комплексонометрии? Как их уменьшить?

9. Какие вещества используются в качестве первичных стандартов для определения точной концентрации ЭДТА?

10. Как приготовить раствор «свидетеля» для прямого комплексонометрического определения?

11. Для определения каких металлов применяют ЭДТА в клиническом анализе.

12. Почему при отравлении солями тяжелых металлов ЭДТА применяют не в виде двунатриевой соли Na2H2Y.2H2O, а в виде комплекса с кальцием?

*Окислительно-восстановительное титрование*

1. Как классифицируются титриметрические методы анализа с использованием окислительно-восстановительных реакций?

2. Что такое стандартный и реальный (формальный) окислительно-восстановительный потенциал? Как и при каких условиях определяют эти величины?

3. Как определить направление протекания реакции окисления-восстановления?

4. Какому условию должна удовлетворять величина константы равновесия

*bOx*1 + *cRed*2 = *bRed*1 + *cOx*2

для количественного (полнота превращения обеих пар 99,9%) протекания реакции в условиях окислительно-восстановительного титрования?

4. В каких координатах строят кривую окислительно-восстановительного титрования? Какие факторы влияют на ее вид?

5. Какие способы изменения потенциалов в точке эквивалентности существуют? Когда это оказывается необходимым?

6. Как из кривой титрования определить потенциалы сопряженных окислительно-восстановительных пар, участвующих в реакции?

7. Какие способы визуальной индикации конечной точки титрования используют в методах окислительно-восстановительного титрования? Каков принцип действия и подбора индикаторов для этого вида титрования?

8. Какие случайные и систематические погрешности могут возникать при окислительно-восстановительном титровании? Как их уменьшить?

9. Как рассчитывают фактор эквивалентности и молярную массу эквивалента в методах окислительно-восстановительного титрования?

10. Как приготовить, хранить и стандартизовать раствор титранта: а) в перманганатометрии; б) в дихроматометрии?

11. Какой из титрантов – раствор перманганата калия или дихромата калия предпочтительнее использовать для определения железа(II): а) в растворе соляной кислоты; б) в растворе серной кислоты?

12. С какой целью при дихроматометрическом определении железа(II) в сернокислом растворе с применением индикатора дифениламина в раствор вводят еще и фосфорную кислоту?

**Примеры вариантов контрольных работ**

*Образцы расчетных задач для КР1*

**Задача 1.** При анализе стандартного образца сплава, содержащего 5,50 % никеля, двумя различными методами, были получены следующие результаты. *Метод № 1*, % – Xсреднее = 5,38, S = 0,12; n = 4. *Метод № 2*, % – Xсреднее = 5,40, S = 0,03; n = 4. Сравните воспроизводимость результатов в выборках и сделайте вывод о правильности анализа в том и другом случае (Рдов = 0,95).

**Задача 2.** Рассчитайте растворимость Cd3(AsO4)2 в растворе с рН = 5,00 и [CH3COO–] = 0,10 моль/л. Можно ли открыть кадмий(II) реакцией с пределом обнаружения 1,0⋅10–6 г/мл?

**Задача 3.** К раствору, содержащему анионы AsO43– и ReO4–  (аналитические концентрации составляют: С(AsO43–) = 1,0⋅10–2 моль/л, С(ReO4–) = 1,0⋅10–2 моль/л) при рН = 6,00, постепенно прибавляют растворимую соль серебра. Какой осадок появится первым? Будет ли его осаждение количественным к началу появления второго осадка? Влиянием ионной силы пренебречь.

**Задача 4.** Для определения железа в образце соединения, содержащем ~ 10% Fe, взяты две навески (m ~ 0,3 г). В первом опыте железо определяют в виде купфероната Fe(C6H5O2N2)3, во втором – в виде оксида Fe2O3. В обоих случаях оцените массу весовой формы. Оцените относительную погрешность массы весовой формы в том и другом случае (абсолютная погрешность определения массы sm = 0,0003 г) и сделайте вывод о предпочтительности определения железа в виде купфероната или оксида.

**Задача 5.** Для определения содержания H2SO4 в соединении C4H6N4O⋅*n*H2SO4 навески C4H6N4O⋅*n*H2SO4 растворяли в воде, осаждали сульфат-ионы в реакции с растворимой солью бария и после соответствующей обработки получали весовую форму – BaSO4. Значения масс C4H6N4O⋅*n*H2SO4 и BaSO4 приведены в таблице:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер опыта | 1 | 2 | 3 | 4 |
| m(C4H6N4O⋅*n*H2SO4), г | 0,3762 | 0,4395 | 0,4765 | 0,5042 |
| m(BaSO4), г | 0,2507 | 0,2934 | 0,3175 | 0,3354 |

Определите процентное содержание H2SO4 в соединении C4H6N4O⋅*n*H2SO4 и представьте результат анализа (Рдов = 0,95). Исходя из среднего содержания H2SO4 рассчитайте значение коэффициента *n* в C4H6N4O⋅*n*H2SO4.

*Образцы расчетных задач для КР2*

**Задача 1.** Рассчитайте рН растворов: а) С(HCl) = 0,10 моль/л; б) С(HCOOH) = 0,10 моль/л; в) С(CH3COOH) = 0,10 моль/л + С(CH3COONa) = 0,10 моль/л; г) С(NaOH) = 0,10 моль/л; д) С(NaHCO3) = 0,10 моль/л; е) C(Na2CO3) = 0,10 моль/л.

**Задача 2.** 0,10 М раствор соляной кислоты титруют щелочью. Рассчитайте рН раствора в точках D = 0, D = 0,99, D = 1,00, D = 1,01 (разбавлением пренебречь) и постройте кривую титрования. Возможно ли определить содержание HCl c погрешностью, не превышающей 1 %, если в качестве индикатора выбран фенолфталеин?

**Задача 3.** Рассчитайте доли форм янтарной кислоты в конечной точке титрования, если ее содержание определяют методом кислотно-основного титрования, а в качестве индикатора используется фенолфталеин. Напишите уравнение реакции, укажите фактор эквивалентности янтарной кислоты.

**Задача 4.** Раствор Cu(II) (С = 0,10 моль/л) титруют раствором ЭДТА (С = 0,10 моль/л) в буферном растворе с [NH3] = 0,100 моль/л и [NH4+] = 0,176 моль/л. Рассчитайте рН и буферную емкость раствора. Вычислите условную константу устойчивости β"CuY (образованием гидроксокомплексов пренебречь). Можно ли сделать вывод, что в условиях титрования погрешность, связанная с неполнотой протекания реакции комплексообразования, не превышает 0,1 %? Рассчитайте рМ в точках D = 0; 0,5; 1; 2 и поясните, как из кривой комплексонометрического титрования можно найти условную константу устойчивости β"CuY.

**Задача 5.** Содержание церия в образце соединения определили методом обратного титрования. Навески образца растворили, церий, содержащийся в соединении, окислили до Се4+. К полученным пробам прибавили по 0,02500 л стандартного раствора Н2О2 (С(Н2О2) = 0,3012 моль/л), избыток Н2О2 оттитровали стандартным раствором KMnO4 (C(KMnO4) = 0,1242 моль/л). Массы навесок образца и объемы раствора KMnO4, затраченные на титрование избытка Н2О2, представлены в таблице:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер опыта | 1 | 2 | 3 | 4 |
| mнавески, г | 0,7184 | 0,4890 | 0,5835 | 0,5213 |
| V(KMnO4), л | 0,02260 | 0,02313 | 0,02291 | 0,02305 |

Рассчитайте нормальные концентрации (N, моль/л) растворов Н2О2 и KMnO4, молярную массу эквивалента Се4+ (Н2О2 окисляется до O2, MnO4– восстанавливается до Mn2+, Ce4+ восстанавливается до Ce3+). Рассчитайте процентное содержание церия и представьте результат анализа (Рдов= 0,95).

**Пример экзаменационной работы**

**1.** Что такое «буферные растворы», «буферная ёмкость»? Рассчитайте рН и буферную ёмкость раствора с C(NH3)=0.10 моль/л и C(NH4Cl)=0.10 моль/л.

**2.** Что такое «старение осадка»? Какие процессы происходят при этом? Как они влияют на аналитические свойства осадка?

**3.** Оцените величину интервала перехода окраски кислотно-основного индикатора, если при соотношении [HInd]/[Ind-]>10/1 цвет раствора обусловлен окраской формы HInd, при соотношении [HInd]/[Ind-]>1/10 – формы Ind-

**4.** Как из кривой кислотно-основного титрования можно найти константу диссоциации слабой кислоты?

**5.** Что такое «реальный» («формальный») потенциал? Как вычислить реальный потенциал для полуреакций вида Ox + ne + mH+ = Red?

**6.** Выведите формулу для расчёта растворимости малорастворимой соли M3A2 (*А3- – анион слабой кислоты*) в присутствии лиганда L при рН=const. Рассчитайте растворимость Zn3(PO4)2 в растворе с рН=4.00 и [Ac-]=0.10 моль/л.

**7.** Рассчитайте гравиметрический фактор при определении

а) оксида фосфора по схеме: P2O5 → PO43- → Mg(NH4) PO4 → Mg2P2O7 (весовая форма)

б) алюминия по схеме: Al → Al(OH)3 → Al2O3 (весовая форма).

**8.** Относительная погрешность измерения объёма пипеткой Мора на 20 мл составляет 0.1 %. Рассчитайте абсолютную погрешность измерения объема и корректно представьте объём аликвоты, который можно отобрать с использованием данной пипетки.

**9.** Определение содержания железа в воде провели по следующей схеме:

***А) Определение содержания Fe(II).*** На титрование аликвот воды объёмом 100.0 мл затратили в среднем 4.00 мл раствора KMnO4 (***N***=0.01000 моль/л).

***Б) Определение суммарного содержания Fe(II) и Fe(III).*** На титрование аликвот воды объёмом 100.0 мл после соответствующей обработки затратили в среднем 11.00 мл раствора ЭДТА (***C***=0.009000 моль/л)

Рассчитайте молярные концентрации Fe(II) и Fe(III). Используя закон распространения погрешностей оцените S и Sr для концентрации Fe(III), если Sr, Fe(II)=5.10-3, Sr, Σ(Fe)=8.10-4.

**10.** Для проверки правильности приготовления раствора ЭДТА с концентрацией 0.2000 моль/л провели серию титрований. Для этого навески CaCO3 (*первичный стандарт*) растворяли, полученные растворы титровали раствором ЭДТА (массы навесок CaCO3 и объёмы ЭДТА, затраченные на титрование, приведены в таблице).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Номер опыта | | | |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| mнавески(CaCO3), г | 0.4010 | 0.3009 | 0.3650 | 0.4406 |
| V(ЭДТА), л | 0.02002 | 0.01500 | 0.01825 | 0.02200 |

Была ли допущена систематическая погрешность при приготовлении раствора ЭДТА (Рдов=0.95) ***(50 баллов)***

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

*Учебные пособия*

1. *Кристиан Г.* Аналитическая химия: в 2 т. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013.

2. *Золотов Ю. А., Дорохова Е. Н., Фадеева В. И. и др.* Основы аналитической химии. М.: Высш. шк., 2000 – 2006 – Кн. 1, 2.

3. *Дорохова Е. Н., Прохорова Г. В.* Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2001.

4. *Лавренова Л. Г., Миронов И. В., Федотова Т. Д., Притчина Е. А., Берус Е. И.* Основы аналитической химии, Новосибирский гос. ун-т. Новосибирск, 2005.

5. *Доерфель К.* Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 2000.

6. *Жебентяев А.И., Жерносек А.К., Талуть И.Е.* Аналитическая химия. Химические методы анализа.Минск: Новое знание, 2010.

7. *Алексеев В. Н.* Курс качественного химического полумикроанализа. ИД «Альянс», 2007.

8. *Барбалат Ю. А., Долманова И. Ф., Брыкина Г. Д., Фадеева В. И.* Основы аналитической химии: Практическое рук-во. М.: Высш. шк., 2001.

9. *Васильев В. П., Морозова Р. П., Кочергина Л. А.* Практикум по аналитической химии. М.: Химия, 2000.

*Методические издания кафедры*

1. *Притчина Е. А., Лавренова Л. Г., Федотова Т. Д.* Химические методы анализа. Практическое руководство,Новосибирский гос. ун-т. Новосибирск, 2014.

*Справочная литература*

1. *Лурье Ю. Ю.* Справочник по аналитической химии. 5-е изд. стереотипное. ИД «Альянс», 2007.

2. *Лавренова Л. Г., Миронов И. В., Берус Е. И.* Справочные данные для расчетов по аналитической химии, Новосибирский гос. ун-т. Новосибирск, 2006.

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лаборатория оснащена реактивами соответствующей степени чистоты, необходимыми для проведения анализа. Лаборатория оснащена химической посудой, включая пипетки Мора, бюретки, стаканы химические, палочки стеклянные, фильтрующие тигли Шотта, колбы мерные различного объёма, воронки стеклянные, эксикаторы, пробирки, пипетки капиллярные и т.д. Лаборатория оснащена необходимой специализированной мебелью, включая вытяжные шкафы, лабораторные химические столы, дистилляторы, центрифуги и т.п. Для фильтрования применяются водоструйные насосы. Для нагревания и разложения образцов применяются плитки нагревательные. Для высушивания образцов и доведения их до постоянной массы применяются шкафы сушильные. Для измерения массы образцов применяются весы аналитические электронные и механические. Ассортимент лабораторной посуды и химических реактивов позволяет проводить все виды классического химического анализа, предусмотренные учебным планом.

Лаборатория оснащена необходимой специализированной мебелью, включая вытяжные шкафы из расчета не более двух студентов на один, лабораторные химические столы, аквадистилляторы и т.п.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с ОС ВПО, принятым в ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, с учетом рекомендаций ООП ВПО по направлению «06.03.01 БИОЛОГИЯ».

Авторы:

Бушуев Марк Борисович, к.х.н., старший преподаватель кафедры аналитической химии ФЕН, с.н.с. ИНХ СО РАН \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись

Федотова Татьяна Дмитриевна, к.х.н. доцент кафедры аналитической химии ФЕН \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись

Берус Елена Ивановна, к.х.н., доцент кафедры аналитической химии ФЕН,

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись

Макотченко Евгения Васильевна, к.х.н., старший преподаватель кафедры аналитической химии ФЕН, с.н.с. ИНХ СО РАН \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись

Программа одобрена на заседании кафедры аналитической химии

"\_\_\_" августа 2014 г.

Секретарь кафедры с.н.с. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н. Ф. Бейзель