

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Лельчицкий Игорь Давыдович  
Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности  
Дата подписания: 10.07.2026 12:48:20  
Уникальный программный ключ:  
aa5b5ee17d97a2e4d94e98e995320af94f043ce2

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

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

14 мая 2025г.



Рабочая программа дисциплины

## **Кулонометрия и вольтамперометрия**

|                           |                                                           |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Закреплена за кафедрой:   | <b>Неорганической и аналитической химии</b>               |
| Направление подготовки:   | <b>04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия</b>        |
| Направленность (профиль): | <b>Экспертная и медицинская химия: теория и практика.</b> |
| Квалификация:             | <b>Химик. Преподаватель химии</b>                         |
| Форма обучения:           | <b>очная</b>                                              |
| Семестр:                  | <b>9</b>                                                  |

Программу составил(и):

*канд. хим. наук, доц, Манторов Геннадий Иванович*

Тверь, 2025

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

Цель дисциплины: подготовка специалистов, владеющих теоретическими основами и практическими приемами кулонометрии и вольтамперометрии.

### Задачи:

Подготовка студентов, умеющими реализовать возможности, заложенные в аппаратуру для проведения кулонометрии и вольтамперометрии путем разработки новых методик и реализации описанных методов, а также владеющими свободной эксплуатацией основных приборов для выполнения этих анализов, обычно имеющихся в химических лабораториях (кулонометры, потенциостаты, и т.д.)

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Физическая химия

Аналитическая химия

Физика

Неорганическая химия

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

Преддипломная практика

Научно-исследовательская работа

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| <b>Общая трудоемкость</b> | 6 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану   | 216   |
| <b>в том числе:</b>       |       |
| аудиторные занятия        | 69    |
| самостоятельная работа    | 40    |
| часов на контроль         | 27    |

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

ПК-1.1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР

ПК-1.2: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР

ПК-1.3: Готовит объекты исследования

ПК-2.1: Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)

ПК-2.2: Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической техно-логии)

## 5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Виды контроля в семестрах: |   |
| экзамены                   | 9 |

## 6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

**7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

| Код занят. | Наименование разделов и тем                                                                                                      | Вид занятия | Семестр / Курс | Часов | Источники | Примечание |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|-------|-----------|------------|
|            | Раздел 1.<br>Электрогравиметрический анализ, законы Фарадея.<br>Определение меди, серебра и других металлов этим методом         |             |                |       |           |            |
| 1.1        | Электрогравиметрический анализ, законы Фарадея.<br>Определение меди, серебра и других металлов этим методом                      | Лек         | 9              | 2     |           |            |
|            | Раздел 2. Кулонометрический анализ, теория, аппаратура.<br>Кулонометрический анализ при постоянном потенциале и постоянном токе. |             |                |       |           |            |
| 2.1        | Кулонометрический анализ, теория, аппаратура.<br>Кулонометрический анализ при постоянном потенциале и постоянном токе.           | Лек         | 9              | 3     |           |            |
|            | Раздел 3. Кулонометрический анализ, теория, аппаратура.<br>Кулонометрический анализ при постоянном потенциале и постоянном токе. |             |                |       |           |            |
| 3.1        | Электрогравиметрическое определение содержания меди в модельной смеси.                                                           | Лаб         | 9              | 8     |           |            |
| 3.2        | Определение содержания свинца методом потенциостатической кулонометрии.                                                          | Лаб         | 9              | 6     |           |            |
| 3.3        | Определение содержания меди и свинца при совместном присутствии методом потенциостатической кулонометрии.                        | Лаб         | 9              | 6     |           |            |
|            | Раздел 4. Косвенная кулонометрия (кулонометрическое титрование)                                                                  |             |                |       |           |            |
| 4.1        | Косвенная кулонометрия (кулонометрическое титрование)                                                                            | Лек         | 9              | 6     |           |            |
|            | Раздел 5. Косвенная кулонометрия (кулонометрическое титрование)                                                                  |             |                |       |           |            |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |   |    |  |  |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---|----|--|--|
| 5.1 | Определение содержания HCl в модельной смеси методом кулонометрического титрования                                                                                                                                                                                                                                                                              | Лаб     | 9 | 10 |  |  |
| 5.2 | Титрование электрогенерированным йодом                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Лаб     | 9 | 10 |  |  |
|     | Раздел 6. Вольтамперометрия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |         |   |    |  |  |
| 6.1 | Вольтамперометрия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Лек     | 9 | 4  |  |  |
| 6.2 | 6. Определение содержания серебра в модельной смеси методом вольтамперометрии с применением вращающегося дискового электрода                                                                                                                                                                                                                                    | Лаб     | 9 | 4  |  |  |
| 6.3 | 7. Определение содержания серебра в модельной смеси методом инверсионной вольтамперометрии                                                                                                                                                                                                                                                                      | Лаб     | 9 | 4  |  |  |
| 6.4 | Вольтамперометрическое титрование для определения содержания цинка в растворе                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Лаб     | 9 | 4  |  |  |
|     | Раздел 7. Инверсионная вольтамперометрия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |   |    |  |  |
| 7.1 | Инверсионная вольтамперометрия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Лек     | 9 | 2  |  |  |
|     | Раздел 8. Самостоятельная работа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |   |    |  |  |
| 8.1 | 1. Электрогравиметрический анализ, законы Фарадея. Определение меди, серебра и других металлов этим методом.<br>2. Кулонометрический анализ, теория, аппаратура. Кулонометрический анализ при постоянном потенциале и постоянном токе.<br>3. Косвенная кулонометрия (кулонометрическое титрование)<br>4. Вольтамперометрия.<br>5 Инверсионная вольтамперометрия | Ср      | 9 | 40 |  |  |
|     | Раздел 9. контроль                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |   |    |  |  |
| 9.1 | Кулонометрия и вольтамперометрия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Экзамен | 9 | 27 |  |  |

## Образовательные технологии

### 1. Введение:

Проектная технология

Информационные (цифровые) технологии

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

### Список образовательных технологий

|   |                                                                                                                                        |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Проектная технология                                                                                                                   |
| 2 | Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.) |
| 3 | Информационные (цифровые) технологии                                                                                                   |

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Оценочные средства для проведения текущей аттестации приведены в приложении 2.

### 8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства для проведения текущей аттестации приведены в приложении 2.

### 8.3. Требования к рейтинг-контролю

Лабораторная работа №1

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №2

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №3

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №4

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №5

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Первая контрольная точка ..... 30 баллов

Лабораторная работа №6

|                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла                                  |
| Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла                                        |
| Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл                         |
| Лабораторная работа №7                                                                        |
| Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла                                  |
| Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла                                        |
| Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл                         |
| Лабораторная работа №8                                                                        |
| Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла                                  |
| Объяснение теоретических основ данной работы – 3 балла                                        |
| Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл                         |
| Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл                                    |
| Премияльный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл |
| Лабораторная работа №9                                                                        |
| Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла                                  |
| Объяснение теоретических основ данной работы – 2 балла                                        |
| Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -2 балл                         |
| Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл                                    |
| Премияльный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл |
| Вторая контрольная точка ..... 30                                                             |
| баллов                                                                                        |
| Экзамен – итоговое тестирование по теме ..... 40 баллов                                       |
| Итого ..... 100 баллов                                                                        |

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

### 9.1. Рекомендуемая литература

### 9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

|    |                                                                                                                                                                   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Э1 | Сайт химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»: <a href="http://www.chem.msu.su/">http://www.chem.msu.su/</a> |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 9.3.1 Перечень программного обеспечения

|   |                                            |
|---|--------------------------------------------|
| 1 | Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows |
| 2 | Adobe Acrobat Reader                       |
| 3 | OpenOffice                                 |
| 4 | GIMP                                       |
| 5 | Python                                     |

### 9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

|   |                                                                  |
|---|------------------------------------------------------------------|
| 1 | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы) |
| 2 | Репозиторий ТвГУ                                                 |
| 3 | ЭБС «Университетская библиотека онлайн»                          |
| 4 | ЭБС ТвГУ                                                         |

**10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

| Аудит-я | Оборудование                                                                                                                           |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3-406   | комплект учебной мебели, весы, лабораторные иономеры, портативные рН-метры, потенциостат-гальваностат, сканер, шкафы, компьютеры, гири |

**11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Методические материалы и указания приведены в приложении 1.

## Приложение 1

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МО-ДУЛЯ)

1. Содержание дисциплины.
2. Методические материалы для работы на лабораторных занятиях.
3. Методические материалы для подготовки к экзамену

#### 1. Содержание дисциплины

Неравновесные методы электрохимического анализа. Вольтамперометрия, теоретические основы. Общая теория методов вольтамперометрии и модели вольтамперометрических датчиков. Взаимосвязь между фарадеевским током и потенциалом электрода. Математическая и электрическая модели вольтамперометрических датчиков.

Аппаратурные методы вольтамперометрии. Постоянноточковая полярография. Хроноамперометрия. Нормальная импульсная полярография. Дифференциальная импульсная полярография. Вольтамперометрия переменного тока. Переменноточковая полярография с прямо-угольным поляризующим напряжением. Хроновольтамперометрия. Хронопотенциометрия. Вольтамперометрия с электродами других типов. Вращающиеся дисковые электроды (с кольцом и без кольца). Вольтамперометрия с ультрамикроэлектродами и на границе раздела двух несмешивающихся жидких фаз.

Инверсионная вольтамперометрия (ИВА). Электрохимическое концентрирование определяемых элементов. ИВА малорастворимых соединений. Адсорбционное концентрирование. ИВА в анализе твердых веществ. ИВА с ультрамикроэлектродами.

Практическое применение методов вольтамперометрии. Типы измеряемых токов и диагностические критерии. Вольтамперометрия неорганических и комплексных соединений. Вольтамперометрия органических соединений, ее особенности. Применение медиаторов в вольтамперометрии органических соединений.

Вольтамперометрия с химически модифицированными электродами. Способы модифицирования электродов (адсорбция модификатора на поверхности электрода, ковалентная пришивка функциональных групп и др.). Электрокатализ на химически модифицированных электродах. Концентрирование в объеме электрода.

Амперометрия и амперометрическое титрование. Амперометрические датчики. Амперометрические биосенсоры (на основе ферментных систем, на основе биоматериалов, амперометрические датчики в иммуноферментном анализе). Амперометрическое титрование с одним или с двумя поляризованными электродами. Кулонометрия и кулонометрическое титрование. Прямая потенциостатическая кулонометрия. Кулонометрия при контролируемой силе тока. Электрогенерирование кулонометрических титрантов в неводных средах. Кулонометрическое определение неорганических и органических соединений.

Электрогравиметрия. Электрохимическое разделение металлов. Внутренний электролиз. Электрохимические сенсоры (амперометрические, потенциометрические, кондуктометрические и кулонометрические сенсоры). Электрохимические детекторы (ЭХД) в проточных методах анализа. ЭХД для жидкостной хроматографии (амперометрические, потенциометрические, кондуктометрические и кулонометрические детекторы). ЭХД для проточно-инжекционного анализа. ЭХД для капиллярного зонного электрофореза.

## **Методические материалы для работы на лабораторных занятиях**

### **Перечень лабораторных работ**

1. Электрогравиметрическое определение содержания меди в модельной смеси.
2. Определение содержания свинца методом потенциостатической кулонометрии.
3. Определение содержания меди и свинца при совместном присутствии методом потенциостатической кулонометрии.
4. Определение содержания HCl в модельной смеси методом кулонометрического титрования
5. Титрование электрогенерированным йодом
6. Определение содержания серебра в модельной смеси методом вольтамперометрии с применением вращающегося дискового электрода
7. Определение содержания серебра в модельной смеси методом инверсионной вольтамперометрии
8. Вольтамперометрическое титрование для определения содержания цинка в растворе
9. Электросинтез полианилина методом циклической вольтамперометрии

## **Методические материалы для подготовки к экзамену.**

### **Программа итогового экзамена**

1. Неравновесные методы электрохимического анализа. Вольтамперометрия, теоретические основы. Общая теория методов вольтамперометрии и модели вольтамперометрических датчиков. Взаимосвязь между фарадеевским током и потенциалом электрода. Математическая и электрическая модели вольтамперометрических датчиков.
2. Аппаратурные методы вольтамперометрии. Постоянноточковая полярография. Хроноамперометрия. Нормальная импульсная полярография. Дифференциальная импульсная полярография. Вольтамперометрия переменного тока. Переменноточковая полярография с прямо-угольным поляризующим напряжением. Хроновольтамперометрия. Хронопотенциометрия.
3. Вольтамперометрия с электродами других типов. Вращающиеся дисковые электроды (с кольцом и без кольца). Вольтамперометрия с ультрамикроэлектродами и на границе раздела двух несмешивающихся жидких фаз.
4. Инверсионная вольтамперометрия (ИВА). Электрохимическое концентрирование определяемых элементов. ИВА малорастворимых соединений. Адсорбционное концентрирование. ИВА в анализе твердых веществ. ИВА с ультрамикроэлектродами.
5. Практическое применение методов вольтамперометрии. Типы измеряемых токов и диагностические критерии. Вольтамперометрия неорганических и комплексных соединений. Вольтамперометрия органических соединений, ее особенности. Применение медиаторов в вольтамперометрии органических соединений.

6. Вольтамперометрия с химически модифицированными электродами. Способы модифицирования электродов (адсорбция модификатора на поверхности электрода, ковалентная пришивка функциональных групп и др.). Электрокатализ на химически модифицированных электродах. Концентрирование в объем электрода.
7. Амперометрия и амперометрическое титрование. Амперометрические датчики. Амперометрические биосенсоры (на основе ферментных систем, на основе биоматериалов,
8. амперометрические датчики в иммуноферментном анализе). Амперометрическое титрование с одним или с двумя поляризованными электродами.
9. Кулонометрия и кулонометрическое титрование. Прямая потенциостатическая кулонометрия. Кулонометрия при контролируемой силе тока. Электрогенерирование кулонометрических титрантов в неводных средах. Кулонометрическое определение неорганических и органических соединений.
10. Электрогравиметрия. Электрохимическое разделение металлов. Внутренний электролиз. Электрохимические сенсоры (амперометрические, потенциометрические, кондуктометрические и кулонометрические сенсоры).
11. Электрохимические детекторы (ЭХД) в проточных методах анализа. ЭХД для жидкостной хроматографии (амперометрические, потенциометрические, кондуктометрические и кулонометрические детекторы). ЭХД для проточно-инжекционного анализа. ЭХД для капиллярного зонного электрофореза.

## Приложение 2

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### 5.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1

Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач сложности, поставленных специалистом более высокой квалификации

| Номер задания                 | Правильный ответ (ключ) | Содержание вопроса/задания                                                                                                                | Критерии оценивания заданий |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Задания закрытого типа</b> |                         |                                                                                                                                           |                             |
| 1                             | А                       | Какой знак имеет ЭДС электролитической ячейки в кулонометрии?<br><br>а) ЭДС < 0;<br><br>б) ЭДС = 0;<br><br>в) ЭДС > 0;<br><br>г) ЭДС ≥ 0. | 1 балл за правильный ответ  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                              |                            |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 2 | <p>Количество электричества (Q) – это электрический заряд, который протекает за определенное время (t) через поперечное сечение проводника</p> <p>при заданной силе тока (I). При постоянной силе тока количество электричества рассчитывается по формуле</p> $Q = I \cdot t.$ <p>При изменении тока во времени расчет проводится по формуле:</p> $Q = \int_{t_1}^{t_2} i(t) \cdot dt.$ | <p><b>Что означает понятие «количество электричества». Как рассчитывается эта величина?</b></p>              | 1 балл за правильный ответ |
| 3 | <p>Формула объединенного закона электролиза:</p> $m(X) = \frac{Q \cdot M(X)}{z \cdot F}$ <p>где m (X) – масса электропревращенного вещества X, г;</p> <p>Q – количество электричества, затраченного на электролиз, Кл;</p> <p>F – число Фарадея, Кл/мольэ;</p> <p>M(X) – молярная масса вещества X, г/моль;</p> <p>z – число эквивалентности.</p>                                       | <p><b>Напишите формулу объединенного закона Фарадея для расчета массы электропревращенного вещества.</b></p> | 1 балл за правильный ответ |
| 4 | <p>Методы вольтамперометрии основаны на изучении зависимости</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p><b>На чем основаны методы вольтамперометрии?</b></p>                                                      |                            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>силы тока от напряжения поляризации микроэлектрода, на поверхности которого протекает электролиз анализируемого вещества или одного из компонентов титруемой системы.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                             |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | В                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p><b>Как поляризуются электроды вольтамперометрической ячейки?</b></p> <p>а) рабочий электрод и электрод сравнения практически не поляризуются;</p> <p>б) происходит кинетическая и концентрационная поляризация рабочего электрода;</p> <p>в) происходит концентрационная поляризация только рабочего электрода;</p> <p>г) поляризуются оба электрода (рабочий и электрод сравнения).</p> |                             |
| <b>Задания открытого типа</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                             |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>Содержание меди в алюминиевых сплавах определяют кулонометрическим титрованием, которое проводят электрогенерируемым оловом (II) из олова (IV):</p> $\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$ $\text{Sn}^{2+} + 2\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2\text{Cu}^+$ <p>Какова относительная ошибка этого метода, если при анализе 1,2 г сплава, содержащего 1,5% меди, сила тока составляла 88 мА, а эквивалентная точка была достигнута через 5 мин?</p> | 3 балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                             |
| <p>Правильный ответ (ключ):</p> <p><b>1. Найдем массу меди, исходя из количества пропущенного электричества</b></p> $Q = It = 0,088(\text{А}) \cdot 5(\text{мин}) \cdot 60(\text{с}) = 26,4 (\text{Кл})$ $m_{\text{Cu}} = k_{\text{э}}Q = \frac{26,4(\text{Кл}) \cdot 63,54 (\text{г} \cdot \text{моль}^{-1})}{96500 (\text{Кл} \cdot \text{моль}^{-1})} = 0,0174 (\text{г})$ <p><b>2. Найдем массу меди, содержащейся в сплаве</b></p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                 |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|   | $m_{\text{Cu}} = \frac{1,5\% \cdot 1,2(\text{г})}{100\%} = 0,018 (\text{г})$ <p><b>3. Относительная ошибка метода</b></p> <p><math>\varepsilon = \cdot (0,018 - 0,0174 / 0,018) 100\%</math> будет равна 3,3 %.</p> <p><b>Ответ: <math>\varepsilon = 3,3\%</math></b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>                             |
| 7 | <p>Электролиз раствора <math>\text{AgNO}_3</math> с серебряным анодом продолжался 2 часа. Ток в цепи за это время изменяли по закону <math>I = 1/(a + t)</math>, где <math>t</math> – время (ч), <math>a</math> – константа. Вычислить, на сколько уменьшилась масса анода за время электролиза, если скорость растворения анода в конце электролиза равна <math>4,48 \cdot 10^{-4}</math> г/с.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                 |
|   | <p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>1. Найдем константу <math>a</math> из конечной скорости растворения:</p> $v_{t=2} = \frac{I}{zF} = \frac{1/(a+2)}{zF} = 4,48 \cdot 10^{-4} (\text{г} \cdot \text{с}^{-1})$ $I_{t=2} = v z F = \frac{4,48 \cdot 10^{-4} (\text{г} \cdot \text{с}^{-1})}{107,868 (\text{г} \cdot \text{моль}^{-1})} \cdot 1 \cdot 96500 (\text{Кл} \cdot \text{моль}^{-1}) = 0,401$ $a = \frac{1}{I_{t=2}} - 2(\text{ч}) = 0,495$ <p>2. Найдем количество электричества, прошедшего через раствор за 2 часа</p> $Q = \int_0^2 I dt = \ln(t+a) \Big _0^2 = \ln(2+0,495) - \ln(0,495) = 1,618 (\text{А} \cdot \text{ч}) = 5823,57 (\text{Кл})$ <p>3. Найдем массу растворившегося серебра</p> $m_{\text{Ag}} = \frac{Q \cdot M}{zF} = \frac{5823,57 (\text{Кл}) \cdot 107,868 (\text{г} \cdot \text{моль}^{-1})}{96500 (\text{Кл} \cdot \text{моль}^{-1})} = 6,52 (\text{г})$ <p>Ответ: <math>m_{\text{Ag}} = 6,52 (\text{г})</math></p> | <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Раствор, содержащий 10 моль/м3 Sn4+ и 30 моль/м3 Sn2+, изучали вольтамперометрически, используя в качестве индифферентного электролита KCl. Каковы будут параметры полной вольтамперометрической кривой, которую можно получить на идеально инертном индикаторном электроде (относит. насыщ. КЭ), допуская, что коэффициенты диффузии ионов Sn4+ и Sn2+ равны между собой, если сила наблюдаемого предельного катодного тока равна 16,3 мкА. |                                                                                                                                                          |
| Правильный ответ (ключ):<br><br>1. Потенциал полуволны равен стандартному потенциалу, если коэффициенты диффузии равны. Исходя из уравнения Нернста, получаем<br>$E = E_0 - 2,3RT / 2F (\lg 0,03/0,01)$<br><br>2. Точка пересечения волны и нулевой линии имеет потенциал<br>$0,139 - 0,014 = 0,125$ В относительно насыщ. КЭ.<br><br>3. Сила анодного диффузионно-ограниченного тока втрое больше, чем катодного, и равна 48,9 мкА.<br><br>Ответ: 48,9 мкА |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1 балл<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>1 балл<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>1 балл<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>Итого: 3 балла |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | При полярографировании стандартных растворов соли цинка определено:<br><br>CZn2+ , %            0,10      0,20      0,30      0,40      0,50<br><br>h, мм                8,0       14,0      22,0      28,0      37,0<br><br>Вычислите содержание цинка в анализируемом растворе методом калибровочного графика, если высота полярографической волны (h) раствора 25,0 мм                                                                    |                                                                                                                                                          |
| Правильный ответ (ключ):<br><br>Строим график зависимости высоты полярографической волны h от содержания цинка (%). По графику находим содержание цинка, которое составляет 0,35 %<br><br>Ответ: 0,35%.                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1 балл<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>Итого: 1 балл                                                                                              |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Определите содержание (г) Fe2+ в навеске исследуемого вещества, если после проведения амперометрического титрования раствором 0,01 моль-экв/л K2Cr2O7 с титром по Fe2+ 2,8 · 10-4 г/мл получены следующие результаты:<br><br>VK2Cr2O7, мл            0,00      0,20      0,30      0,40      0,50      0,60<br>0,70<br>0,80<br><br>I, мкА                    120      80      60      40      20      10      10      10                     |                                                                                                                                                          |
| Правильный ответ (ключ):<br><br>1. Находим точку эквивалентности по графику амперометрического титрования.<br><br>2. Объем раствора K2Cr2O7 в точке эквивалентности 0,55 мл.                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1 балл                                                                                                                                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 3. Рассчитываем содержание $\text{Fe}^{2+}$ в анализируемой навеске исследуемого вещества:<br><br>$m_{\text{Fe}^{2+}} = V K_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot T K_2\text{Cr}_2\text{O}_7 / \text{Fe}^{2+} = 0,55 \cdot 2,8 \cdot 10^{-4} = 1,54 \cdot 10^{-4} \text{ г.}$<br><br>Ответ: $1,54 \cdot 10^{-4} \text{ г.}$ | 1 балл<br><br>1 балл<br><br><br><br>Итого: 3 балла |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|

**ПК-2 Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы**

| Номер задания                 | Правильный ответ (ключ)                                                                                                                                                                                                     | Содержание вопроса/задания                                                                                                                                                                                                                                      | Критерии оценивания заданий |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Задания закрытого типа</b> |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                             |
| 1                             | 100 %-ный выход по току означает, что при проведении кулонометрических измерений практически все количество электричества расходуется на электролиз определяемого вещества и побочные электрохимические реакции отсутствуют | Что означает 100 % - ный выход по току?                                                                                                                                                                                                                         | 1 балл за правильный ответ  |
| 2                             | Сосуд с электродами для кулонометрических измерений называется электролитической ячейкой                                                                                                                                    | <b>Как называется электрохимическая ячейка, используемая в кулонометрическом анализе?</b>                                                                                                                                                                       | 1 балл за правильный ответ  |
| 3                             | В                                                                                                                                                                                                                           | <b>Какой способ определения количества электричества нельзя использовать в методе прямой потенциостатической кулонометрии?</b><br><br><b>а) расчет количества электричества на основе графической зависимости <math>I_{\text{гл}}</math> от <math>t</math>;</b> | 1 балл за правильный ответ  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                 |                            |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>б) определение количества электричества с помощью кулонометра;</p> <p>в) расчет количества электричества по формуле <math>Q = I \cdot t</math>;</p> <p>г) определение количества электричества планометрическим методом.</p> |                            |
| 4 | <p>За счет небольшой площади микро-электрода плотность тока на его поверхности значительно выше, чем у обычного электрода. Он легко поляризуется и выполняет роль рабочего электрода, на котором протекает электролиз анализируемого вещества. Электрод с большой поверхностью практически не поляризуется. Его потенциал остается постоянным на уровне равновесного значения. Такой электрод используется как электрод сравнения, и вольтамперограмма отражает изменение электрических параметров системы, обусловленное процессом электрохимического превращения на рабочем микро-электроде.</p> | <p><b>Почему в вольтамперометрии площадь электрода сравнения многократно превышает площадь рабочего электрода?</b></p>                                                                                                          | 1 балл за правильный ответ |
| 5 | В                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p><b>Как поляризуются электроды вольтамперометрической ячейки?</b></p>                                                                                                                                                         | 1 балл за правильный ответ |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>а) рабочий электрод и электрод сравнения практически не поляризуются;</p> <p>б) происходит кинетическая и концентрационная поляризация рабочего электрода;</p> <p>в) происходит концентрационная поляризация только рабочего электрода;</p> <p>г) поляризуются оба электрода (рабочий и электрод сравнения).</p>                                                                                                                                                                 |                                                                 |
| <b>Задания открытого типа</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                 |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Содержание меди в алюминиевых сплавах определяют кулонометрическим титрованием, которое проводят электрогенерируемым оловом (II) из олова (IV):</p> $\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$ $\text{Sn}^{2+} + 2\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2\text{Cu}^+$ <p>Какова относительная ошибка этого метода, если при анализе 1,2 г сплава, содержащего 1,5% меди, сила тока составляла 88 мА, а эквивалентная точка была достигнута через 5 мин?</p> | 3 балла                                                         |
| <p>Правильный ответ (ключ):</p> <p><b>1. Найдем массу меди, исходя из количества пропущенного электричества</b></p> $Q = It = 0,088(\text{А}) \cdot 5(\text{мин}) \cdot 60(\text{с}) = 26,4 (\text{Кл})$ $m_{\text{Cu}} = k_{\text{э}} Q = \frac{26,4(\text{Кл}) \cdot 63,54 (\text{г} \cdot \text{моль}^{-1})}{96500 (\text{Кл} \cdot \text{моль}^{-1})} = 0,0174 (\text{г})$ <p><b>2. Найдем массу меди, содержащейся в сплаве</b></p> $m_{\text{Cu}} = \frac{1,5\% \cdot 1,2(\text{г})}{100\%} = 0,018 (\text{г})$ <p><b>3. Относительная ошибка метода</b></p> $\varepsilon = \cdot (0,018 - 0,0174 / 0,018) 100\% \text{ будет равна } 3,3 \%$ <p><b>Ответ: <math>\varepsilon = 3,3 \%</math></b></p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p> |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Электролиз раствора <math>\text{AgNO}_3</math> с серебряным анодом продолжался 2 часа. Ток в цепи за это время изменяли по закону <math>I = 1/(a + t)</math>, где <math>t</math> – время (ч), <math>a</math> – константа. Вычислить, на сколько уменьшилась масса ано-</p>                                                                                                                                                                                                       |                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | да за время электролиза, если скорость растворения анода в конце электролиза равна $4,48 \cdot 10^{-4}$ г/с.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                 |
| <p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>1. Найдем константу <math>a</math> из конечной скорости растворения:</p> $v_{t=2} = \frac{I}{zF} = \frac{1/(a+2)}{zF} = 4,48 \cdot 10^{-4} (\text{г} \cdot \text{с}^{-1})$ $I_{t=2} = v z F = \frac{4,48 \cdot 10^{-4} (\text{г} \cdot \text{с}^{-1})}{107,868 (\text{г} \cdot \text{моль}^{-1})} \cdot 1 \cdot 96500 (\text{Кл} \cdot \text{моль}^{-1}) = 0,401$ $a = \frac{1}{I_{t=2}} - 2(\text{ч}) = 0,495$ <p>2. Найдем количество электричества, прошедшего через раствор за 2 часа</p> $Q = \int_0^2 I dt = \ln(t+a) \Big _0^2 = \ln(2+0,495) - \ln(0,495) = 1,618 (\text{А} \cdot \text{ч}) = 5823,57 (\text{Кл})$ <p>3. Найдем массу растворившегося серебра</p> $m_{\text{Ag}} = \frac{Q \cdot M}{zF} = \frac{5823,57 (\text{Кл}) \cdot 107,868 (\text{г} \cdot \text{моль}^{-1})}{96500 (\text{Кл} \cdot \text{моль}^{-1})} = 6,52 (\text{г})$ <p>Ответ: <math>m_{\text{Ag}} = 6,52 (\text{г})</math></p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p> |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>Раствор, содержащий 10 моль/м<sup>3</sup> Sn<sup>4+</sup> и 30 моль/м<sup>3</sup> Sn<sup>2+</sup>, изучали вольтамперометрически, используя в качестве индифферентного электролита KCl. Каковы будут параметры полной вольтамперометрической кривой, которую можно получить на идеально инертном индикаторном электроде (относит. насыщ. КЭ), допуская, что коэффициенты диффузии ионов Sn<sup>4+</sup> и Sn<sup>2+</sup> равны между собой, если сила наблюдаемого предельного катодного тока равна 16,3 мкА.</p> |                                                                 |
| <p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>1. Потенциал полуволны равен стандартному потенциалу, если коэффициенты диффузии равны. Исходя из уравнения Нернста, получаем</p> $E = E^0 - 2,3RT / 2F (\lg 0,03/0,01)$ <p>2. Точка пересечения волны и нулевой линии имеет потенциал</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>1 балл</p> <p>1 балл</p>                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|--------|------|------|----|----|----|----|----|----|--|
| 0,139 - 0,014 = 0,125 В относительно насыщ. КЭ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| 3.Сила анодного диффузионно-ограниченного тока втрое больше, чем катодного, и равна 48,9 мкА.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 балл         |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| Ответ: 48,9 мкА                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Итого: 3 балла |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>При полярографировании стандартных растворов соли цинка определено:</p> <table><tr><td>CZn2+ , %</td><td>0,10</td><td>0,20</td><td>0,30</td><td>0,40</td><td>0,50</td></tr><tr><td>h, мм</td><td>8,0</td><td>14,0</td><td>22,0</td><td>28,0</td><td>37,0</td></tr></table> <p>Вычислите содержание цинка в анализируемом растворе методом калибровочного графика, если высота полярографической волны (h) раствора 25,0 мм.</p>                                                                  | CZn2+ , %      | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | h, мм | 8,0  | 14,0 | 22,0   | 28,0 | 37,0 |    |    |    |    |    |    |  |
| CZn2+ , %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,20           | 0,30 | 0,40 | 0,50 |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| h, мм                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 14,0           | 22,0 | 28,0 | 37,0 |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| <p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>Строим график зависимости высоты полярографической волны h от содержания цинка (%). По графику находим содержание цинка, которое составляет 0,35 %</p> <p>Ответ: 0,35%.</p>                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 балл         |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| Итого: 1 балл                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>Определите содержание (г) Fe2+ в навеске исследуемого вещества, если после проведения амперометрического титрования раствором 0,01 моль-экв/л K2Cr2O7 с титром по Fe2+ 2,8 · 10-4 г/мл получены следующие результаты:</p> <table><tr><td>VK2Cr2O7, мл</td><td>0,00</td><td>0,20</td><td>0,30</td><td>0,40</td><td>0,50</td><td>0,60</td><td>0,70</td><td>0,80</td></tr><tr><td>I, мкА</td><td>120</td><td>80</td><td>60</td><td>40</td><td>20</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr></table> | VK2Cr2O7, мл   | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60  | 0,70 | 0,80 | I, мкА | 120  | 80   | 60 | 40 | 20 | 10 | 10 | 10 |  |
| VK2Cr2O7, мл                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,20           | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80  |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| I, мкА                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 120                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 80             | 60   | 40   | 20   | 10   | 10   | 10    |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| <p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>1. Находим точку эквивалентности по графику амперометрического титрования.</p> <p>2. Объем раствора K2Cr2O7 в точке эквивалентности 0,55 мл.</p> <p>3.Рассчитываем содержание Fe2+ в анализируемой навеске исследуемого вещества:</p> <p>mFe2+ = VK2Cr2O7 · TK2Cr2O7/Fe2+ = 0,55 · 2,8 · 10-4 = 1,54 · 10-4 г.</p> <p>Ответ: 1,54 · 10-4 г.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 балл         |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 балл         |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 балл         |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |
| Итого: 3 балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |      |      |      |      |      |       |      |      |        |      |      |    |    |    |    |    |    |  |

## 5.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

### «Вольтамперометрический метод анализа»

1. Под влиянием каких факторов угол наклона прямых в системе координат  $E - \lg[i/(id - i)]$  может отличаться от теоретического?

Укажите правильный ответ.

- а. Когда потенциал полуволны лежит в области далеких отрицательных потенциалов.
- б. Если исследуемый электродный процесс необратим.
- в. Если используется капилляр с очень медленно образующейся каплей.
- г. При повышенных температурах.

2. Какими методами можно устранить максимумы разного рода?

Укажите правильный ответ.

- а. Максимум третьего рода — уменьшением скорости наложения потенциала.
- б. Максимум первого рода - повышением температуры.
- б. Максимум четвертого рода - введением поверхностно-активного вещества.
- г. Максимум второго рода — дополнительной очисткой поверхности платинового электрода.

3. Вещество А в диапазоне потенциалов от 0 до -1,5 в образует две волны с потенциалами полуволн -0,4 и -0,8 в относительно донной ртути,

4. В чем преимущество амперометрического титрования с индикатором?

Укажите правильный ответ.

- а. Титрование более точно.
- б. Особых преимуществ нет.
- в. Можно титровать при более положительных потенциалах.
- г. Титруемый ион и титрант могут быть полярографически неактивны.

5. В каких случаях целесообразно применение амальгамной полярографии с накоплением? Укажите правильный ответ.

- а. Для определения больших концентраций ионов.
- б. Для определения ионов, восстанавливающихся при сильно отрицательных потенциалах.
- в. Для определения малых концентраций ионов, восстанавливающихся до металла.
- г. Для определения малых концентраций ионов, изменяющих свою валентность.

6. В чем преимущество работы методом добавок? Укажите правильный ответ.

- а. Можно определять концентрации, не определяемые методом калибровочного графика.

б. Этот метод быстрее, не требует построения калибровочного графика и дает возможность полярографировать исследуемый и стандартный растворы в одинаковых условиях.

в. Этим методом можно определять ионы, высота волны которых не пропорциональна концентрации.

г. Можно использовать ртутный электрод в анодной области.

7. В каких случаях можно вести амперометрическое титрование ионов в анодной области? Укажите правильный ответ.

а. С ртутным капельным электродом легко восстанавливающимися ионами.

б. С платиновым электродом ионами, восстанавливающимися в далекой катодной области.

в. С платиновым электродом легко окисляющимися веществами.

г. С ртутным капельным электродом различными комплексобразующими веществами.

10. Какие преимущества имеет переменноточковая полярография по сравнению с классической? Укажите правильный ответ.

а. Большая чувствительность и разрешающая способность.

б. Быстрота.

в. Можно снимать полярограммы в далекой анодной области.

г. Никаких преимуществ по сравнению с классической полярографией нет.

#### «Электролиз и кулонометрический метод анализа»

1. Как изменяется электрохимический эквивалент металлов в ряду периодической системы при переходе от I к III группе?

Укажите правильный ответ.

а. Уменьшается.

б. Остается неизменным.

в. Слабо возрастает.

г. Проходит через минимум.

2. Какой из приведенных электрохимических эквивалентов для хлора правилен?

Укажите правильный ответ.

а.  $0,133 \text{ г}/(\text{а} \sim \text{ч})$ .

б.  $3,68 \text{ г}/(\text{а-мин})$ .

в.  $3,68 \text{ мг/к}$ .

г.  $0,516 \text{ мл}/(\text{ма} \bullet \text{ мин})$ .

3. Как изменяется в процессе электролиза потенциал цинкового электрода, опущенного в раствор сульфата цинка?

Укажите правильный ответ.

- а. Потенциал остается неизменным.
- б. Потенциал увеличивается.
- в. Потенциал сначала уменьшается, а затем увеличивается.
- г. Потенциал уменьшается.
- 4. Для каких целей проводят электролиз при контролируемом потенциале?

Укажите правильный ответ.

- а. Для ускорения процесса электролиза.
- б. Для предотвращения выделения металла с близким более положительным потенциалом.
- в. Для получения более устойчивых осадков.
- г. Для предотвращения выделения металла с близким более отрицательным потенциалом.
- 6. Для каких целей при электролитическом выделении металлов вводят комплексообразователи? . Укажите правильный ответ.
- а. Для ускорения процесса электролитического выделения.
- б. Для выделения металлов, которые не выделяются электролизом при обычных условиях.
- в. Для предотвращения выделения водорода и образования губчатых осадков.
- г. Для получения более прочных осадков и разделения некоторых металлов.
- 7. Для каких целей применяют электролиз на ртутном катоде?  
Укажите правильный ответ.

- а. Для разделения металлов, образующих и не образующих амальгамы.
- б. Для ускорения процесса электролиза.
- в. Для разделения металлов с близкими электродными потенциалами,
- г. Для выделения металлов в более удобной весовой форме.
- 8. Каковы преимущества внутреннего электролиза с диафрагмой перед внутренним электролизом без нее?

Укажите правильный ответ.

- а. Можно разделять металлы с близкими электродными потенциалами.
- б. Возрастает скорость электролиза.
- в. Устраняется явление цементации и увеличивается допустимая концентрация определяемых ионов.
- г. Повышается точность анализа.
- 9. Можно ли вести кулонометрическое титрование при постоянном потенциале?

Укажите правильный ответ.

- а. Нельзя.
- б. Можно, так же как и при постоянной силе тока.
- в. Можно, но в цепь надо включить кулонометр для определения расхода тока на получение титранта.
- г. Можно, но при этом требуется более точно устанавливать потенциал и поддерживать его постоянным.

10. Каковы преимущества кулонометрического титрования при постоянном токе?

Укажите правильный ответ.

- а. Это титрование более быстрое, чем обычное.
- б. Для титрования можно использовать нестойкие реагенты и само титрование точнее обычного.
- в. Этим методом можно точно определять нестойкие, быстро окисляющиеся на воздухе вещества.
- г. Особых преимуществ это титрование не имеет.

#### **Требования к рейтинг-контролю.**

##### Лабораторная работа №1

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – **3 балла**

Объяснение теоретических основ данной работы – **1 балла**

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -**1 балл**

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – **1 балл**

##### Лабораторная работа №2

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – **3 балла**

Объяснение теоретических основ данной работы – **1 балла**

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -**1 балл**

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – **1 балл**

##### Лабораторная работа №3

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – **3 балла**

Объяснение теоретических основ данной работы – **1 балла**

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -**1 балл**

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – **1 балл**

##### Лабораторная работа №4

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – **3 балла**

Объяснение теоретических основ данной работы – **1 балла**

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -**1 балл**

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – **1 балл**

Лабораторная работа №5

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – **3 балла**

Объяснение теоретических основ данной работы – **1 балла**

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -**1 балл**

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – **1 балл**

**Первая контрольная точка .....30 баллов**

Лабораторная работа №6

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – **3 балла**

Объяснение теоретических основ данной работы – **1 балла**

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -**1 балл**

Лабораторная работа №7

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – **3 балла**

Объяснение теоретических основ данной работы – **1 балла**

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -**1 балл**

Лабораторная работа №8

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – **4 балла**

Объяснение теоретических основ данной работы – **3 балла**

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -**1 балл**

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – **1 балл**

Премияльный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – **1 балл**

Лабораторная работа №9

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – **4 балла**

Объяснение теоретических основ данной работы – **2 балла**

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -**2 балл**

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – **1 балл**

Премияльный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – **1**

**балл Вторая контрольная точка ..... 30 баллов**

**Экзамен – итоговое тестирование по теме ..... 40 баллов**

**Итого ..... 100 баллов**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| <b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| <b>6.1. Рекомендуемая литература</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| <p>Основная литература: 1. Тягливый, А. С. Электрохимические методы анализа : учебное пособие / А. С. Тягливый. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. — 88 с. — ISBN 978-5-9275-3870-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPRSMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/121893.html">https://www.iprbookshop.ru/121893.html</a></p> <p>Дополнительная литература: 1. Потенциометрические и вольтамперометрические методы исследования и анализа : учебно-методическое пособие / Н.А. Малахова, А.В. Ивойлова, Н.Н. Малышева [и др.] ; под общ. ред. С. Ю. Сараевой ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. — 163 с. : схем., табл., ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=697456">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=697456</a></p> |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |

#### Приложение 4

##### Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

| №п.п. | Обновленный раздел рабочей программы дисциплины | Описание внесенных изменений | Реквизиты документа, утвердившего изменения |
|-------|-------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|
| 1.    |                                                 |                              |                                             |
| 2.    |                                                 |                              |                                             |
| 3.    |                                                 |                              |                                             |

