

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)

Институт химии и биологии

Кафедра неорганической и физической химии

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы

25 мая 2023г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИХиБ

Бажева Р.Ч.

2023г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.04 Методы исследования электрохимических реакций

04.04.01 - Химия

(код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки

Электрохимия

(наименование профиля подготовки)

Квалификация (степень) выпускника

«Магистр»

Форма обучения

очная

Нальчик 2022 г.

Рабочая программа дисциплины «Методы исследования электрохимических реакций» Составитель Х.Б. Кушхов- Нальчик: ФГБОУ ВО КБГУ, 2022. – 22 с.

Программа соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования и Примерной основной образовательной программе.

Рабочая программа предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки магистров 04.04.01 - Химия по профилю «Электрохимия» в 3-м семестре.

Рабочая программа составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.04.01. Химия (Электрохимия), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 сентября 2015 г. № 1042

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Цель и задачи освоения дисциплины | 4 |
| Место дисциплины в структуре ОПОП ВО | 4 |
| Требования к результатам освоения содержания дисциплины | 4 |
| Содержание и структура дисциплины | 5 |
| Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации | 10 |
| Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности | 12 |
| Учебно-методическое обеспечение дисциплины | 18 |
| Материально-техническое обеспечение дисциплины | 20 |
| Лист изменений (Дополнений) в рабочую программу по дисциплине | 22 |

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение фундаментального образования, освоение теоретических основ методов исследования, успешно используемых при изучении электродных процессов и поверхностных явлений, а также общих приемов их практического применения.

Задачами дисциплины являются: освоение методики электрохимического эксперимента, понимание методов исследования электрохимических реакций

Студенты *должны уметь* применять теоретические знания для исследования различных электрохимических реакций, также должны уметь применять знания, умения и навыки, приобретенные в процессе изучения дисциплины «Методы исследования электрохимических реакций» для глубокого освоения других дисциплин цикла, а также выполнения научно-исследовательской работы.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина Б1.В.04 «Методы исследования электрохимических реакций» относится к обязательным дисциплинам вариативной части ОПОП для изучения в 3-м семестре магистрантами очной формы обучения направления подготовки 04.04.01 Химия (Электрохимия).

До изучения дисциплины «Методы исследования электрохимических реакций», студенты должны получать знания по дисциплинам профессионального цикла «Электрохимическая термодинамика», «Высокотемпературная электрохимия», Принципы конструирования и работы электрохимической аппаратуры».

Дисциплина «Методы исследования электрохимических реакций» содержательно взаимосвязана с дисциплинами общенаучного и профессионального цикла «Принципы конструирования и работы электрохимической аппаратуры», «Компьютерные технологии в науке и образовании», «Высокотемпературная электрохимия», «Научно-исследовательская работа и практика».

Дисциплина позволит расширить теоретическую подготовку магистра, получить практические навыки по методам исследования электрохимических процессов.

Освоение основных положений данной дисциплины необходимо для прохождения преддипломной практики и написания выпускной магистерской работы.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих профессиональных компетенций в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (уровень высшего образования) подготовки кадров высшей квалификации направления подготовки 04.04.01 Химия (Электрохимия):

владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований (ПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** - принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов (З1);
- **Уметь:** - проводить комплексный анализ получаемых продуктов, исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на серийном и сложном научном оборудовании (У1);
- **Владеть:** - теоретическими основами и практическими навыками работы на серийном и сложном научном оборудовании (В1).

4. Содержание и структура дисциплины

Таблица 1. Содержание дисциплины (модуля) «Методы исследования электрохимических реакций»

| № п/п | Наименование раздела/ темы | Содержание раздела | Форма текущего контроля |
|-------|--|--|-----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 ¹ |
| 1. | Классификация электрохимических методов измерения. | Равновесные и неравновесные методы. Специальные методы изучения электрохимических процессов. Основные представления и понятия электрохимической кинетики. Основные положения теории перенапряжения переноса заряда.. Потенциометрия. Классификация. Редоксметрия. Ионметрия. Определение термодинамических величин. Потенциометрическое титрование. Обратимые электрохимические цепи. Стандартные электроды сравнения в водных растворах. Водородный электрод. Каломельный электрод. | ЛР К РК Т презентации |

¹ В графе 4 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), домашнего задания (ДЗ) написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

| | | | |
|----|---|--|--------------------|
| | | Ртутно-сульфатный электрод. Хлор-серебряный электрод. Хингидронный электрод. Мембранные ионоселективные электроды. Стекланный электрод. Электроды с твердыми мембранами. | |
| 2. | Методы измерения ЭДС электрохимических цепей. | Потенциометрическое титрование. Реакции нейтрализации. Реакции замещения. Реакции осаждения. Окислительно-восстановительное титрование. Реакции комплексообразования. | ЛР К РК Т |
| 3. | Неравновесные методы измерений. | Стационарные потенциостатические и гальваностатические измерения. Метод вращающегося дискового электрода. Вращающийся дисковый электрод с кольцом. Коммутаторный метод. Нестационарные измерения. Эффекты заряжения двойного слоя. Хроногальванометрия. Электродные процессы в условиях линейной диффузии. Электродные процессы, контролируемые скоростью переноса заряда. Электродные процессы с предшествующими и последующими реакциями. Каталитические электродные процессы. Хронокулонометрия. Классификация методов кулонометрии. Теоретические основы кулонометрического анализа. Потенциостатическая кулонометрия. Гальваностатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование. | ЛР К РК Т |
| 4. | Вольтамперные (неравновесные) методы измерений. | Одинокная и циклическая вольтамперометрия с линейной разверткой. Электродные процессы в условиях линейной диффузии. Электродные процессы, контролируемые скоростью переноса заряда. Электродные процессы с предшествующими и последующими реакциями. Каталитические электродные процессы. Теория циклической вольтамперометрии. Уравнение кривых, регистрируемых вольтамперометрией с линейной разверткой. Определение | ЛР К РК Т |

| | | | |
|----|--|--|--------------------|
| | | <p>кинетических параметров электродного процесса.</p> <p>Полярография. Капельный ртутный электрод. Линейная диффузия к растущему капельному электроду. Электродные процессы в условиях линейной диффузии. Уравнение Ильковича. Электродные процессы, контролируемые скоростью переноса заряда. Уравнение кривых, регистрируемых полярографическим методом.</p> <p>Усовершенствование вольтамперометрии. Ступенчатая вольтамперометрия. Производная вольтамперометрия.</p> <p>Конволюционные, или полуинтегральные, методы. Деконволюционные, или полудифференциальные, методы.</p> <p>Разностная вольтамперометрия. Импульсная вольтамперометрия. Синусоидальная переменноточковая вольтамперометрия. Квадратно-волновая полярография. Инверсионная вольтамперометрия.</p> | |
| 5. | Методы, основанные на применении импульсного тока. | <p>Одиночный импульс тока. Двухимпульсный метод. Циклические волны тока.</p> <p>Хронопотенциометрия. Электродные процессы в условиях линейной диффузии. Электродные процессы, контролируемые скоростью переноса заряда. Электродные процессы с предшествующими и последующими химическими реакциями. Каталитические электродные процессы. Хронопотенциометрия с изменением направления тока. Уравнения хронопотенциометрических кривых. Определение кинетических параметров электродного процесса хронопотенциометрическим методом.</p> | ЛР К РК Т |
| 6. | Метод электрохимического импеданса. | <p>Импеданс электрической цепи. Импеданс диффузии при переменном токе. Импеданс Варбурга. Импеданс окислительно-восстановительной</p> | ЛР К РК Т |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | реакции при переменном токе. Импеданс Эшлера - Рэндлса. Импеданс двойного электрического слоя. Методика измерения электродного импеданса. | |
|--|--|---|--|

На изучение курса отводится 180 часов (5 з.е.), из них: контактная работа 51 ч., в том числе лекционных – 17 часов; практических (семинарских) – 17 часов; лабораторных – 17 часов; самостоятельная работа студента 102 часа; завершается экзаменом (27 часов).

Структура дисциплины (модуля) «Методы исследования электрохимических реакций»

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы (180 часов)

| Вид работы | Трудоемкость, часов / зачетных единиц | |
|--|---------------------------------------|----------------|
| | 3 семестр | всего |
| Общая трудоемкость (в часах) | 180 | 180 |
| Контактная работа (в часах): | 51 | 51 |
| <i>Лекционные занятия (Л)</i> | <i>17</i> | <i>17</i> |
| <i>Практические занятия (ПЗ)</i> | <i>17</i> | <i>17</i> |
| <i>Лабораторные работы (ЛР)</i> | <i>17</i> | <i>17</i> |
| Самостоятельная работа (в часах): | 102 | 102 |
| Самостоятельное изучение разделов | 42 | 42 |
| Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.), | 60 | 60 |
| Подготовка и прохождение промежуточной аттестации | 27 | 27 |
| Вид промежуточной аттестации | Экзамен | Экзамен |

Таблица 3. Лекционные занятия

| № п/п | Тема |
|----------|------|
|----------|------|

| | |
|---|---|
| 1 | Классификация электрохимических методов измерения. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – раскрыть основные представления и понятия электрохимической кинетики. |
| 2 | Методы измерения ЭДС электрохимических цепей. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить потенциометрическое титрование, реакции нейтрализации, замещения и комплексообразования. |
| 3 | Неравновесные методы измерений. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить тационарные потенциостатические и гальваностатические измерения. |
| 4 | Вольтамперные (неравновесные) методы измерений. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить электродные процессы, контролируемые скоростью переноса заряда, а также электродные процессы с предшествующими и последующими реакциями. |
| 5 | Методы, основанные на применении импульсного тока. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – определение кинетических параметров электродного процесса хронопотенциометрическим методом. |
| 6 | Метод электрохимического импеданса. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – раскрыть методику измерения электродного импеданса. |

Таблица 4. Практические занятия (семинарские занятия)

| № п/п | Тема |
|----------|---|
| 1. | Классификация методов кулонометрии. Теоретические основы кулонометрического анализа. |
| 2. | Полярография. Капельный ртутный электрод. |
| 3. | Квадратно-волновая полярография. Инверсионная вольтамперометрия. |
| 4. | Хронопотенциометрия с изменением направления тока. Уравнения хронопотенциометрических кривых. Определение кинетических параметров электродного процесса хронопотенциометрическим методом. |
| 5. | Импеданс Эшлера - Рэндлса. Импеданс двойного электрического слоя. |

Таблица 5. Лабораторные работы по дисциплине (модулю)

| № п/п | Тема |
|----------|---|
| 1. | Потенциометрическое титрование. |
| 2. | Электродные процессы с предшествующими и последующими реакциями. |
| 3. | Определение кинетических параметров электродного процесса вольтамперометрическим методом. |
| 4. | Определение кинетических параметров электродного процесса хронопотенциометрическим методом. |
| 5. | Импеданс окислительно-восстановительной реакции при переменном |

| | |
|--|-------|
| | токе. |
|--|-------|

Таблица 6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины (модуля)

| № п/п | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение |
|----------|--|
| 1 | Вращающийся дисковый электрод |
| 2 | Прямая потенциостатическая кулонометрия |
| 3 | Теории конвективной диффузии |
| 4 | Теория Прандтля-Левича |
| 5 | Применение вращающегося дискового электрода |

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются **текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация.**

1.1. Оценочные материалы для текущего контроля. Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Методы исследования электрохимических реакций» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практическом и лабораторном занятиях, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий (например, решение задач) с отчетом (защитой) в установленный срок.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности задания.

Вопросы по темам дисциплины

Тема 1. Классификация электрохимических методов измерения.

Равновесные и неравновесные методы.

Специальные методы изучения электрохимических процессов.

Основные представления и понятия электрохимической кинетики.

Основные положения теории перенапряжения переноса заряда.

Потенциометрия. Классификация.

Редоксметрия. Ионметрия.

Определение термодинамических величин.

Классификация методов потенциометрии

Прямая потенциостатическая кулонометрия

Классификация методов кулонометрии

Потенциометрическое титрование

Тема 2. Методы измерения ЭДС электрохимических цепей

Потенциометрическое титрование.

Реакции нейтрализации.

Реакции замещения.

Реакции осаждения.

Окислительно-восстановительное титрование.

Реакции комплексообразования.

Тема 3. Неравновесные методы измерений.

Стационарные потенциостатические и гальваностатические измерения.

Хроногальванометрия.

Электродные процессы в условиях линейной диффузии.

Электродные процессы, контролируемые скоростью переноса заряда.

Электродные процессы с предшествующими и последующими реакциями.

Каталитические электродные процессы.

Гальваностатическая кулонометрия.

Кулонометрическое титрование.

Тема 4. Вольтамперные (неравновесные) методы измерений.

Одинокная и циклическая вольтамперометрия с линейной разверткой.

Определение кинетических параметров электродного процесса.

Полярография.

Капельный ртутный электрод.

Тема 5. Методы, основанные на применении импульсного тока.

Одинокный импульс тока.

Двухимпульсный метод.

Циклические волны тока.

Хронопотенциометрия.

Хронопотенциометрия с изменением направления тока.

Тема 6. Метод электрохимического импеданса.

Импеданс электрической цепи.

Импеданс диффузии при переменном токе.

Импеданс Варбурга.

Импеданс окислительно-восстановительной реакции при переменном токе.

6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Критерии формирования оценок (оценивания) устного опроса

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Методы исследования электрохимических реакций». Развёрнутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения.

В результате устного опроса знания, обучающегося оцениваются по следующей шкале:

3 балла, ставится, если обучающийся:

- 1) полно излагает изученный материал, даёт правильное определенное электрохимических понятий;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

2 балла, ставится, если обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла «1», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

1 балл, ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

0 баллов, ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.

Баллы «3», «2», «1» могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия.

Оценочные материалы для рубежного контроля.

Рубежный контроль осуществляется по более или менее самостоятельным разделам – учебным модулям курса и проводится по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время.

Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра проводится **три таких контрольных мероприятия по графику**.

В качестве форм рубежного контроля можно использовать тестирование (письменное или компьютерное), проведение коллоквиума или контрольных работ. Выполняемые работы должны храниться на кафедре в течение учебного года и по требованию предоставляться в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия рекомендуется выносить весь программный материал (все разделы) по дисциплине.

Критерии формирования оценок по контрольным точкам (контрольные работы; коллоквиум)

(6 баллов) - ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов; обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, решено 100% задач;

(5 баллов) – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

(4 балла) – ставится за работу, если магистр правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач

(менее 4 баллов) – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50 % задач.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов направлена на изучение теоретических основ метода, его аппаратного исполнения и возможностей. Уровень освоения материала проверяется собеседованием при подготовке к выполнению лабораторной работы и письменным отчетом (протоколом) о выполненной работе. Текущий контроль проводится в форме экзамена.

Вопросы для самоконтроля

1. Требования, предъявляемые к электрохимической ячейке (ЭЯ) и электролиту.
2. Основные принципы, правила подготовки и проведения электрохимических измерений.
3. Влияние формы рабочего электрода (РЭ) на равномерность распределения электрического поля в ЭЯ.
4. Способы подготовки электролита и поликристаллического исследуемого электрода 9 для электрохимических измерений (ЭИ).
5. Требования, предъявляемые к вспомогательному электроду и

электроду сравнения. Капилляр Луггина.

6. Общая классификация электрохимических методов исследования (ЭМИ). Краткая характеристика.

7. Принципиальные электрические схемы контроля тока в ЭЯ и потенциала исследуемого (рабочего) электрода.

8. Возможные механизмы электродных процессов. Лимитирующая стадия.

9. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при $I = \text{const}$. Возможные варианты.

10. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при контроле потенциала РЭ. Возможные варианты.

11. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Нернста.

12. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Прандтля.

13. Основные положения теории замедленного разряда. Формула Тафеля.

14. Ток обмена (i_0) и коэффициент переноса (α) электрохимической реакции. Физический смысл этих величин в рамках общих представлений о кинетике химических реакций.

15. Закономерности смешанной кинетики электродных процессов.

16. Метод хроновольтамперометрии.

17. Изменение концентрационного профиля активного вещества у поверхности электрода при линейной развертке потенциала. Уравнение Рендлса-Шевчика.

18. Анализ поляризационных кривых в координатах Рендлса-Шевчика. Критерии и границы применимости данного способа обработки экспериментальных данных

19. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Применение метода в электроаналитических измерениях.

20. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Определение коэффициента диффузии электроактивного вещества. Метод Хитчмана-Олбери.

21. Применение метода ВДЭ для исследования механизма сложных электрохимических процессов.

22. Анализ экспериментальных данных, полученных методом ВДЭ, в условиях смешанной кинетики электродного процесса.

23. Каким образом методом ВДЭ можно одновременно определить скорости двух параллельно протекающих электрохимических реакций?

24. Метод ВДЭ с кольцом.

25. Стационарные методы исследования в электрохимии.

26. Импульсный потенциостатический метод. Уравнение Котрела.

27. Релаксационные (импульсные) методы измерения в электрохимии. Характеристика, возможности.

28. Импульсный гальваностатический метод. Уравнение Санда-

Караогланова.

29. Определение тока обмена электрохимической реакции (импульсный гальваностатический метод).

30. Измерения с переменным током. Эквивалентные электрические схемы.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации. Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины. Осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине «Методы исследования электрохимических реакций» в виде проведения экзамена.

Промежуточная аттестация может проводиться в устной, письменной форме, и в форме тестирования. На промежуточную аттестацию отводится до 30 баллов.

ВОПРОСЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЭКЗАМЕН

1. Классификация электрохимических методов измерения.
2. Вращающийся дисковый электрод
3. Метод потенциометрии.
4. Метод хроноамперометрии и хронопотенциометрии
5. Классификация методов потенциометрии
6. Прямая потенциостатическая кулонометрия
7. Классификация методов кулонометрии
8. Потенциометрическое титрование
9. Экспериментальные методы потенциометрического титрования
10. Кулонометрия и кулонометрическое титрование
11. Метод вращающегося дискового электрода
12. Классическая вольтамперометрия
13. Теории конвективной диффузии
14. Вольтамперометрия при линейной развертке потенциала
15. Теории конвективной диффузии Нернста
16. Кулонометрия при контролируемой силе тока
17. Теория Прандтля-Левича
18. Вольтамперометрия. Общая характеристика метода
19. Устройство и принцип работы дискового электрода
20. Вольтамперометрия с быстрой разверткой потенциала
21. Циклическая вольтамперометрия
22. Применение вращающегося дискового электрода

Критерии формирования оценок по промежуточной аттестации:

«отлично» (91 балл) – получают обучающиеся, которые свободно ориентируются в материале и отвечают без затруднений. Обучающийся

способен к выполнению сложных заданий, постановке целей и выборе путей их реализации. Работа выполнена полностью без ошибок, решено 100% задач;

«хорошо» (81 балл) – получают обучающиеся, которые относительно полно ориентируются в материале, отвечают без затруднений, допускают незначительное количество ошибок. Обучающийся способен к выполнению сложных заданий. Работа выполнена полностью, но имеются не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Допускаются незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

«удовлетворительно» (51балл) – получают обучающиеся, у которых недостаточно высок уровень владения материалом. В процессе ответа на экзамене допускаются ошибки и затруднения при изложении материала. Обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач;

«неудовлетворительно» (до 36 баллов) – получают обучающиеся, которые допускают значительные ошибки. Обучающийся имеет лишь начальную степень ориентации в материале. В работе число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50% задач.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Максимальная сумма (100 баллов), набираемая студентом по дисциплине включает две составляющие:

– *первая составляющая* – оценка регулярности, своевременности и качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.

– *вторая составляющая* – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (не более 30 баллов).

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Критерии оценки качества освоения дисциплины

Оценка «отлично»– от 91 до 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. На экзамене студент

демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «хорошо» – от 81 до 90 баллов – теоретическое содержание курса освоено, необходимые практические навыки работы сформированы, выполненные учебные задания содержат незначительные ошибки. На экзамене студент демонстрирует твердые знания основного (программного) материала, умеет четко, грамотно, без существенных неточностей отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» – от 61 до 80 баллов – теоретическое содержание курса освоено не полностью, необходимые практические навыки работы сформированы частично, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. На экзамене студент демонстрирует знание только основного материала, ответы содержат неточности, слабо аргументированы, нарушена последовательность изложения материала

Оценка «неудовлетворительно» – от 36 до 60 баллов – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На экзамене студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенции ПК-2 представлены в таблице 7.

Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

| Результаты обучения (компетенции) | Основные показатели оценки результатов обучения | Вид оценочного материала, обеспечивающие формирование компетенций |
|---|--|--|
| ПК-2 - владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований | Знать: - принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов; Уметь: - проводить комплексный анализ получаемых продуктов, | Устный опрос типовые тестовые задания типовые оценочные материалы к экзамену |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на серийном и сложном научном оборудовании;</p> <p>Владеть: -</p> <p>теоретическими основами и практическими навыками работы на серийном и сложном научном оборудовании .</p> | |
|--|--|--|

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная

1. Ю.Я. Лукомский, Д.Ю. Гамбург Физико-химические основы электрохимии.: Учебник. Изд. дом «Интеллект», 2008, – 424с.
2. Миомандр Ф., Садки С., Одебер П., Меале-Рено Р. Электрохимия. – М.: Изд-во Техносфера, 2008 – 360с. <http://www.tehnosphaera.ru>
3. Степанов В.П. Основные вопросы электрохимии расплавленных солей. Екатеринбург: РИО УРО РАН, 2012. – 292с
4. Электрохимия расплавленных солей [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Ю.П. Зайков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 88 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68317.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Контрольные задания и тесты по курсу «Теоретическая электрохимия» [Электронный ресурс]: методические указания/ — Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015.— 44 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63690.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная

1. Калиткин Н- Н. Численные методы. - М.: Наука, 1978.
2. Двойной слой и электродная кинетика/ Под ред. В. Е. Казаринова. - М.: Наука, 1981.
3. Кинетика сложных электрохимических реакций. - М.: Наука, 1981.
4. А. И. Данилов. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия в электрохимии поверхности. / Успехи химии, 1995, т. 64, № 8, с. 818 -834.

5. Корята И., Дворжак И., Богачкова В. Электрохимия. - М.: Мир, 1977.
6. Справочник по электрохимии/ Под ред. А.М. Сухотина.- Л.Химия, 1981.- 488 с.
7. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А. Электрохимия. - М.: Высшая школа, 1987.
8. Аналоговые интегральные схемы /Под ред. Дж. Конноли. - М.: Мир, 1977.
9. Дамаскин Б.Б., Петрий. О. А. Введение в электрохимическую кинетику. - М.: Высшая школа, 1983.
10. Калашников С.Г. Электричество. - М.: Наука, 1977.
11. Делахей П. Новые приборы и методы в электрохимии. - М.: Ил, 1957.
12. Методы измерений в электрохимии/ Под ред. Э. Егера и А. Залкинда. - М.: Мир, 1977, т.1 и 2.
13. Плесков Ю. В., Филиновский В. Ю.. Вращающийся дисковый электрод. - М.: Наука, 1972.
14. Плэмбек Дж. Электрохимические методы анализа. Основы теории и применение. - М.: Мир, 1985.
15. Практикум по электрохимии: Учебн. пособие для хим. спец. вузов/ Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Б. И. Подловченко и др.; под ред. Б. Б. Дамаскина. - М.: Высшая школа, 1991.-288 с.
16. Бонд А. М. Полярографические методы в аналитической химии: пер. с англ./ Под ред. С. И. Жданова. - М.: Химия, 1983.
17. З. Галюс. Теоретические основы электрохимического анализа. - М.: Мир, 1974
18. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев.-М.: Бином ЛЗ, 2003.- 592с.
16. Справочная правовая система «Гарант». URL: <http://www.garant.ru>.
17. Справочная правовая система «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru>
– *профессиональные поисковые системы:*
18. Полнотекстовая база данных ScienceDirect: URL: <http://www.sciencedirect.com>.

Интернет-ресурсы

Виртуальные приборы (virtual instruments) - компьютерные программы, исполняющие, с помощью компьютера и относительно несложного оборудования (аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей, датчиков и исполнительных устройств), функции различных приборов. Виртуальные приборы используют как для замены обычных приборов, так и для реализации уникальных измерений, для которых нет обычных приборов.

Виртуальные приборы в физико-химическом эксперименте можно найти на сайте:

<http://pdeis.at.tut.by/>

Базы данных

Для самостоятельной, индивидуальной работы, подготовки проектных и исследовательских работ по педагогической практике рекомендуется использовать электронно-библиотечную систему (ресурсы информационного центра ФГБОУ ВО КБГУ обеспечивающий доступ к ряду международных издательств и баз данных:

1. SciVerse Scopus(<http://www.scopus.com>)
2. ЭБС IPR BOOKS (<http://iprbookshop.ru/>)
3. ЭБС «Консультант студента» (<http://www.studentlibrary.ru>)
4. Web of Science (WOS) (<http://webofknowledge.com>).

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Интерактивный класс, оснащенный оборудованием: стендами, информационно-измерительными системами, электронными средствами обучения и контроля знаний студентов.

Компьютерный класс.

Методический кабинет.

Лаборатория высокотемпературной электрохимии.

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий | Перечень оборудования и технических средств обучения |
|----------|---|---|
| 1. | Лекционные аудитории | №203, 211, 322; интерактивная доска, 3 комплекта видео-презентационного оборудования (проектор, экран, ноутбук) |
| 2. | Компьютерные классы | Компьютерное оборудование с программным обеспечением для проведения тестов при контроле текущей успеваемости. |
| 3. | Лаборатории 121, 126, 108 | Практические работы выполняются с использованием современного лабораторного оборудования: Потенциостат/гальваностат PAR 2273 Электрохимический комплекс Autolab PGSTAT 30 Потенциостат/гальваностат Elektroflex 473 управление которыми возможно только с использованием соответствующих компьютерных программ: Autolab. PAR-Ametek. Elektroflex. |

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используются:

лицензионное программное обеспечение:

- Продукты Microsoft (Desktop EducationALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription);
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition;
- AltLinux (Альт Образование 8);

свободно распространяемые программы:

- Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;
- Adobe Reader для Windows – программа для чтения PDF файлов;
- Far Manager - консольный файловый менеджер для операционных систем семейства Microsoft Windows.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается: 1. Альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих; 2. Присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; 3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации; 4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Лист изменений (Дополнений)
в рабочую программу по дисциплине
«Методы исследования электрохимических реакций»
по направлению подготовки 04.04.01. «ХИМИЯ»
на 2022/ 2023 учебный год

| № | Элемент (пункт) РПД | Перечень вносимых изменений (дополнений) | Примечание |
|---|---------------------|--|------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры неорганической и физической химии

протокол № _____ от «_____» _____ 2022 г.

Заведующий кафедрой _____ Х.Б. Кушхов