

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

---

---

Образовательно-научный институт физико-химических технологий и мате-  
риаловедения (ИФХТиМ)



Мацулевич Ж.В

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.8 «Теоретическая электрохимия»**  
для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: «Технология электрохимических производств»,

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2020

Выпускающая кафедра: ТЭП и ХОВ

Кафедра-разработчик: ТЭП и ХОВ

Объем дисциплины: 396/11

часов/з.е

Промежуточная аттестация: экзамен (5 семестр); экзамен (6 семестр)

Разработчик: Исаев В.В., к.т.н., доцент

Нижний Новгород  
2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3+) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 11 августа 2016 г. № 1005 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 17.12.2019 г. № 3

Рабочая программа принята на заседании кафедры

«Технология электрохимических производств и химии органических веществ» (ТЭПиХОВ)

*Протокол заседания от «18» января 2020 г. №4*

Зав. кафедрой к.т.н., доцент Ивашкин Е.Г. \_\_\_\_\_

Рабочая программа утверждена на заседании Учебно-методического совета института физико-химических технологий и материаловедения

*Протокол заседания от «21» января 2020 г. №4*

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № \_\_\_\_\_.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_

Н.И. Кабанина

*(подпись)*

## Оглавление

|   |           |
|---|-----------|
| ОГЛАВЛЕНИЕ .....  | 3         |
| <b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>   | <b>4</b>  |
| 1.1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 4         |
| 1.2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....  | 4         |
| <b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>  | <b>8</b>  |
| 4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....  | 8         |
| 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....  | 9         |
| <b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                        | <b>18</b> |
| <b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>19</b> |
| 6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....   | 20        |
| 6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....   | 21        |
| 6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....  | 22        |
| <b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>   | <b>22</b> |
| 7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ..... | 22        |
| 7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....   | 23        |
| <b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>    | <b>24</b> |
| <b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..</b>   | <b>25</b> |
| 10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....                | 25        |
| 10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....  | 26        |
| 10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ .....  | 31        |
| 10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ.....  | 27        |
| 10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....  | 27        |
| <b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>28</b> |
| 11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....  | 29        |
| 11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ В ФОРМЕ ЭКЗАМЕНА .....   | 30        |
| 11.3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ .....   | 31        |

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целью освоения дисциплины являются:** формирование у студентов теоретической базы для последующего освоения прикладных дисциплин, методов исследования электрохимических процессов и профессиональных компетенций в области электрохимических процессов.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- формирование представлений об электрохимических системах и их составных частей;
- приобретение необходимых знаний о закономерностях электрохимии электролитов, строение двойного электрического слоя на электродах, термодинамика гальванического элемента, механизма и кинетики электрохимических процессов и методах их изучения;
- формирование навыков управления электрохимическими процессами;
- приобретение практических навыков в области электрохимических процессов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Теоретическая электрохимия» (Б1.В.ОД.8), относится к дисциплинам базовой части обязательная вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ОП по направлению 18.03.01 «Химическая технология», направленность: «Технология электрохимических производств» и осваивается в 5 и 6 семестрах.

Для успешного освоения дисциплины студенту необходимы знания курсов «Математика», «Физика», «Химия элементов», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Физическая химия», «Органическая химия», «Процессы и механические аппараты химических производств», «Коррозия и защита металлов».

Дисциплина «Теоретическая электрохимия» является основой для последующего изучения дисциплин «Физико-химические методы исследования металлов и сплавов», «Электрохимические технологии», «Моделирование химико-технологических процессов», «Оборудование и основы проектирования цехов гальваниопокрытий», «Оборудование и основы проектирования химических источников тока». Приобретенные в рамках дисциплины «Теоретическая электрохимия» умения применяются в технологической производственной (преддипломной) практиках в 6 и 8 учебных семестрах.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих профессиональных компетенций в соответствии с ОП ВО по специальности 18.03.01 Химическая технология:

ОПК-3 Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире

ПСК-1 Способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку полученных результатов и оценивать погрешности измерений, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Таблица 3.2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

| Код и наименование компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине   | Оценочные средства  |   |
|--|---|---|---|
|  |   | Текущего контроля   | Промежуточной аттестации  |
| ОПК-3 Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире  | <b>Знать:</b> физико-химические методы по изучению электрохимических реакций и выявлению перенапряжений электродного процесса, математическое описание основных законов, используемых при описании электрохимических процессов.   | <b>Уметь:</b> применить полученные знания при выборе оптимальных режимов проведения электрохимического процесса, выделять главные особенности электрохимического процесса, влияние на него состава электролита, плотности тока, температуры раствора. выявлять виды перенапряжений у электродного процесса и влияние их на структуру кристаллического осадка на поверхности катода, экспериментальными методиками при исследовании электрохимических процессов. | <b>Владеть:</b> математическими навыками при описании электрохимических процессов и обработке технической информации по механизмам электрохимических реакций, навыками использования физико-химических методов при изучении механизмов электрохимических реакций.   |
| ПСК-1 Способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку полученных результатов и оценивать погрешности измерений, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | <b>Знать:</b> сбор, обработка, анализ и обобщение знаний: математическое описание основных законов, используемых при описании электрохимических процессов, механизмы, протекающие в электрохимических процессах, физико-химические причины возникновения потенциала на границе металл – раствор, особенности строения двойного электрического слоя и особенности электрохимических реакций, протекающих на электродной поверхности, эксперименталь- | <b>Уметь:</b> применять методы анализа научно-технической информации применительно к законам электрохимической кинетики и термодинамики при описании электродных процессов; владеть экспериментальными методиками по обработке электрохимических данных при изучении электродных процессов, применять физико-химические методы исследования для изучения механизма электрохимических реакций.   | <b>Владеть:</b> навыками анализа учебной и научной литературы для нахождения оптимальных составов электролитов и режимов проведения процессов электролиза, навыками применения полученных знаний при выборе оптимальных режимов работы электрохимической ванны для получения качественных гальванических покрытий и гальванических источников тока; электрохимическими методами наблюдения и измерения для изучения электрохимических процессов с учетом техники безопасности и владеть |

|  |   |  |  |  |  |
|--|---|--|--|--|--|
|  | <p>ные методики при исследовании электрохимических процессов; экспериментальные методики обработки и интерпретации данных по изучению электрохимических реакций, физико-химические методы по изучению электрохимических реакций и выявлению перенапряжений электродного процесса.</p> |  | <p>методикой интерпретации полученных данных; экспериментальными методиками для изучения электрохимических процессов и обработке полученных результатов, навыками использования физико-химических методов при изучении механизма</p> |  |  |
|--|---|--|--|--|--|

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 11 зач. ед. 396 часов, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

| Вид учебной работы  | Трудоёмкость в час |                     |            |
|---|--------------------|---------------------|------------|
|   | Все-<br>го<br>час. | В т.ч. по семестрам |            |
|   |                    | 5 сем               | 6 сем      |
| <b>Формат изучения дисциплины</b>   |                    |                     |            |
| <b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану  | <b>396</b>         | <b>216</b>          | <b>180</b> |
| <b>1. Контактная работа:</b>  | <b>213</b>         | <b>90</b>           | <b>123</b> |
| <b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>  | <b>204</b>         | <b>85</b>           | <b>119</b> |
| занятия лекционного типа (Л)  | 51                 | 51                  | -          |
| занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)   | 34                 | 34                  |            |
| лабораторные работы (ЛР)  | 68                 | -                   | 68         |
| <b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>   | <b>9</b>           | <b>5</b>            | <b>4</b>   |
| курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)   |                    |                     |            |
| текущий контроль, консультации по дисциплине  | 9                  | 5                   | 4          |
| контактная работа на промежуточном контроле (КРА)   |                    |                     |            |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>  | <b>156</b>         | <b>126</b>          | <b>108</b> |
| реферат/эссе (подготовка)   |                    |                     |            |
| расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)  |                    |                     |            |
| контрольная работа  | 10                 | 10                  | -          |
| курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)   |                    |                     |            |
| самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.) | 125                | 62                  | 63         |
| Подготовка к экзамену (контроль)  | <b>99</b>          | <b>54</b>           | <b>45</b>  |

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы (час) |                     |                      |  |  | Вид СРС     | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |  |  |  |
|---|---|---------------------------|---------------------|----------------------|--|--|-------------|---|---|--|--|--|
|   |   | Контактная работа         |                     |                      | Самостоятельная работа студентов (час) |  |             |   |   |  |  |  |
|   |   | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия |  |  |             |   |   |  |  |  |
| <b>5 семестр</b>  |   |                           |                     |                      |  |  |             |   |   |  |  |  |
| ОПК-3<br>ПСК-1  | <b>Раздел 1. Введение. Законы Фарадея.</b>  |                           |                     |                      |  |  | Презентация | Конспект лекций   |   |  |  |  |
|   | Тема 1.1. Законы Фарадея  | 1,0                       |                     |                      | 2,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |             |   |   |  |  |  |
|   | Практическое занятие по теме 1.1  |                           |                     | 4,0                  | 3,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.5] |             |   |   |  |  |  |
|   | Контрольная работа по теме 1.1  |                           |                     |                      | 5,0                                    | Подготовка к контрольной работе                              |             |   |   |  |  |  |
|   | Практическое занятие  |                           |                     | 4,0                  |  |  |             |   |   |  |  |  |
|   | Самостоятельная работа по освоению 1 раздела: реферат, эссе (тема)  |                           |                     |                      | 5,0                                    |  |             |   |   |  |  |  |
|   | расчёто-графическая работа (РГР)  |                           |                     |                      |  |  |             |   |   |  |  |  |
|   | контрольная работа  |                           |                     |                      | 5,0                                    |  |             |   |   |  |  |  |
|   | Итого по 1 разделу  | 1,0                       | -                   | 4,0                  | 10,0                                   |  |             |   |   |  |  |  |
| ОПК-3<br>ПСК-1  | <b>Раздел 2. Электрохимия растворов электролитов, термодинамика растворов электролитов. Механизм образования растворов электролитов</b> |                           |                     |                      |  |  | Презентация | Конспект лекций   |   |  |  |  |
|   | Тема 2.1. Теория электролитической диссоциации Аррениуса.   | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |             |   |   |  |  |  |
|   | Практическое занятие по теме 2.1  |                           |                     | 1,0                  | 1,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.5] |             |   |   |  |  |  |
|   | Тема 2.2. Теория межионного взаимодействия  | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |             |   |   |  |  |  |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы (час) |                     |                      |  | Вид СРС  | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------------|---------------------|----------------------|--|--|---|---|
|   |   | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа студентов (час) |  |   |   |
|   | <b>Практическое занятие</b> по теме 2.2                                   |                           |                     | 1,0                  | 1,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.5] |   |   |
|   | <b>Тема 2.3.</b> Современная теория растворов электролитов Дебая - Гюкеля | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |   |   |
|   | <b>Практическое занятие</b> по теме 2.3                                   |                           |                     | 1,0                  | 1,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.5] |   |   |
|   | <b>Тема 2.4.</b> Ассоциация и неполная диссоциация                        | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |   |   |
|   | <b>Практическое занятие</b> по теме 2.4                                   |                           |                     | 2,0                  | 2,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.5] |   |   |
|   | <b>Тема 2.5.</b> Сольватация ионов, теплоты сольватации отдельных ионов   | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |   |   |
|   | <b>Практическое занятие</b> по теме 2.5                                   |                           |                     | 2,0                  | 2,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.5] |   |   |
|   | <b>Тема 2.6.</b> Электропроводность электролитов                          | 3,0                       |                     |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |   |   |
|   | <b>Практическое занятие</b> по теме 2.6                                   |                           |                     | 4,0                  | 4,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.5] |   |   |
|   | <b>Тема 2.7</b> Числа переноса. Методы их определения                     | 3,0                       |                     | 2,0                  | 2,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |   |   |
|   | <b>Практическое занятие</b> по теме 2.7                                   |                           |                     | 3,0                  | 3,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.5] |   |   |
|   | <b>Контрольная работа</b> по разделу 2                                    |                           |                     |                      | 5,0                                    | Подготовка к контрольной работе                              |   |   |
|   | <b>Практическое занятие</b>   |                           |                     | 14                   |  |  |   |   |
|   | <b>Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:</b>                      |                           |                     |                      | 22                                     |  |   |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем                              | Виды учебной работы (час) |                     |                      |  | Вид СРС  | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------------|---------------------|----------------------|--|--|---|---|
|   |   | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа студентов (час) |  |   |   |
|   | реферат, эссе (тема)                                    |                           |                     |                      |  |  |   |   |
|   | расчёто-графическая работа (РГР)                        |                           |                     |                      |  |  |   |   |
|   | контрольная работа                                      |                           |                     |                      | 5                                      | Подготовка к контрольной работе                              |   |   |
|   | Итого по 2 разделу                                      | 16                        | -                   | 14                   | 27                                     |  |   |   |
| ОПК-3<br>ПСК-1  | <b>Раздел 3. Термодинамика гальванического элемента</b> |                           |                     |                      |  |  |   |   |
|   | Тема 3.1 ЭДС гальванического элемента                   | 3,0                       |                     |                      | 2,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |   |   |
|   | Практическое занятие по теме 3.1                        |                           |                     | 4,0                  | 4,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.5] |   |   |
|   | Тема 3.2 Классификация электродов. Диаграммы Пурбэ      | 2,0                       | -                   |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |   |   |
|   | Практическое занятие по теме 3.2                        |                           |                     | 6,0                  | 6,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.3], [6.2.5], [6.2.6] |   |   |
|   | Тема 3.3. Теория возникновения электродного потенциала  | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]               |   |   |
|   | Практическое занятие по теме 3.3                        |                           |                     | 6,0                  | 6,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.3], [6.2.5], [6.2.6] |   |   |
|   | Практическое занятие                                    |                           |                     | 16                   |  |  |   |   |
|   | Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:           |                           |                     |                      | 20                                     |  |   |   |
|   | реферат, эссе (тема)                                    |                           |                     |                      |  |  |   |   |
|   | расчёто-графическая работа (РГР)                        |                           |                     |                      |  |  |   |   |
|   | Итого по 3 разделу                                      | 7,0                       | -                   | 16                   | 20                                     |  |   |   |
| ОПК-3<br>ПСК-1  | <b>Раздел 4. Электрокинетические явления</b>            |                           |                     |                      |  |  |   |   |
|   | Тема 4.1 Электрокинетические явления.                   | 2,0                       |                     |                      | 2,0                                    |  |   |   |
|   | Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:           |                           |                     |                      | 2,0                                    |  |   |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы (час) |                     |                      |  | Вид СРС   | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------------|---------------------|----------------------|--|---|---|---|
|   |   | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа студентов (час) |   |   |   |
|   | реферат, эссе (тема)  |                           |                     |                      |  |   |   |   |
|   | расчёто-графическая работа (РГР)  |                           |                     |                      |  |   |   |   |
|   | контрольная работа  |                           |                     |                      |  |   |   |   |
|   | Итого по 4 разделу  | 2,0                       | -                   | -                    | 2,0                                    |   |   |   |
| ОПК-3<br>ПСК-1  | Раздел 5. Основы электрохимической кинетики   |                           |                     |                      |  | Презентация<br>Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3] | Конспект лекций   |   |
|   | Тема 5.1 . Неравновесные электродные процессы   | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.2. Диффузионная кинетика.  | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.3. Теория замедленного разряда   | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.4. Электродные процессы в условиях медленной химической реакции .              | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.5. Электрохимическое выделение металлов из водных растворов .                  | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.6. Электрохимическое растворение и пассивность металлов                        | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.7. Электрохимические процессы выделения и ионизации кислорода                  | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.8. Электрохимические методы определения состава комплексных ионов              | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.9. Электрохимия полупроводников  | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.10. Особенности электрохимического механизма процессов химической металлизации | 1,0                       |                     |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]                |   |   |
|   | Тема 5.11. Электрохимия органических соединений                                       | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]                |   |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы (час) |                     |                      |  | Вид СРС | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |  |
|---|--|---------------------------|---------------------|----------------------|--|---------|---|---|--|
|   |  | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа студентов (час) |         |   |   |  |
|   | Тема 5.12. Особенности электрохимических процессов в расплавленных средах  | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |         |   |   |  |
|   | Тема 5.13. Особенности электрохимических процессов в разбавленных средах   | 2,0                       |                     |                      | 1,0                                    |         |   |   |  |
|   | Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:<br>реферат, эссе (тема)  |                           |                     |                      | 13                                     |         |   |   |  |
|   | расчёто-графическая работа (РГР)   |                           |                     |                      |  |         |   |   |  |
|   | контрольная работа   |                           |                     |                      |  |         |   |   |  |
|   | Итого по 5 разделу   | 25                        | -                   | -                    | 13                                     |         |   |   |  |
|   | Итого по 5 семестру  | 51                        | -                   | 34                   | 72                                     |         |   |   |  |
| 6 семестр   |  |                           |                     |                      |  |         |   |   |  |
| ОПК-3<br>ПСК-1  | Раздел 2. Электрохимия растворов электролитов, термодинамика растворов электролитов. Механизм образования растворов электролитов |                           |                     |                      |  |         | Презентация   | Конспект лекций   |  |
|   | Тема 2.6. Электропроводность электролитов  | ,                         |                     |                      | 2,0                                    |         |   |   |  |
|   | Лабораторная работа №1<br>Определение электропроводности электролитов  |                           | 7                   |                      | 5,0                                    |         | Подготовка к лабораторным работам [6.1.2], [6.1.4], [6.1.5]                   |   |  |
|   | Тема 2.7 Числа переноса. Методы их определения   |                           |                     |                      | 2,0                                    |         |   |   |  |
|   | Лабораторная работа №2<br>Определение чисел переноса по Гитторфу   |                           | 7                   |                      | 5,0                                    |         | Подготовка к лабораторным работам [6.1.2], [6.1.4], [6.1.5]                   |   |  |
|   | Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:<br>реферат, эссе (тема)  |                           |                     |                      | 12                                     |         |   |   |  |
|   | расчёто-графическая работа (РГР)   |                           |                     |                      |  |         |   |   |  |
|   | контрольная работа   |                           |                     |                      |  |         |   |   |  |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы (час) |                     |                      |  | Вид СРС   | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|--|---------------------------|---------------------|----------------------|--|---|---|---|
|   |  | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа студентов (час) |   |   |   |
|   | <b>Итого по 2 разделу</b>  | -                         | <b>14.0</b>         | -                    | <b>12</b>                              |   |   |   |
| ОПК-3<br>ПСК-1  | <b>Раздел 3. Термодинамика гальванического элемента</b>  |                           |                     |                      |  |   | Презентация   | Конспект лекций   |
|   | <b>Тема 3.1.ЭДС гальванического элемента</b>   |                           |                     |                      | 2,0                                    |   |   |   |
|   | <b>Лабораторная работа №3</b><br>Электролитическое определение водородного показателя (pH)                       |                           | 7                   |                      | 5,0                                    | Подготовка к лабораторным работам [6.1.2], [6.1.4], [6.1.5] |   |   |
|   | <b>Тема 3.3. Теория возникновения электродного потенциала</b>  |                           |                     |                      | 2,0                                    |   |   |   |
|   | <b>Лабораторная работа №4</b><br>Зависимость электродного потенциала от концентрации его ионов в растворе        |                           | 7                   |                      | 5,0                                    | Подготовка к лабораторным работам [6.1.2], [6.1.4], [6.1.5] |   |   |
|   | <b>Лабораторная работа №5</b><br>Измерение окислительно-восстановительного потенциала                            |                           | 8                   |                      | 5,0                                    |   |   |   |
|   | <b>Лабораторная работа №6</b><br>Определение термодинамических функций по зависимости ЭДС от температуры         |                           | 8                   |                      | 5,0                                    |   |   |   |
|   | <b>Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:</b><br>реферат, эссе (тема)                                     |                           |                     |                      | 24                                     |   |   |   |
|   | <b>расчёто-графическая работа (РГР)</b>  |                           |                     |                      |  |   |   |   |
|   | <b>контрольная работа</b>  |                           |                     |                      |  |   |   |   |
| ОПК-3<br>ПСК-1  | <b>Итого по 3 разделу</b>  | -                         | <b>30</b>           | -                    | <b>24</b>                              |   | Презентация   | Конспект лекций   |
|   | <b>Раздел 4. Электрокинетические явления</b>   |                           |                     |                      |  |   |   |   |
|   | <b>Тема 4.1 Электрокинетические явления.</b>   |                           |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | <b>Лабораторная работа № 7</b><br>Определение емкости двойного электрического слоя электрода по спаду потенциала |                           | 8                   |                      | 6,0                                    | Подготовка к лабораторным работам [6.3.4], [6.1.2], [6.1.4] |   |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы (час) |                     |                      |  | Вид СРС   | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|--|---------------------------|---------------------|----------------------|--|---|---|---|
|   |  | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа студентов (час) |   |   |   |
| ОПК-3<br>ПСК-1  | Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:<br>реферат, эссе (тема)<br>расчёто-графическая работа (РГР)<br>контрольная работа            |                           |                     |                      | 7                                      | Презентация   | Конспект лекций   |   |
|   | Итого по 4 разделу   | -                         | 8                   |                      | 7                                      |   |   |   |
|   | Раздел 5. Основы электрохимической кинетики  |                           |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.1 . Неравновесные электродные процессы  |                           |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.2. Диффузионная кинетика.   |                           |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.3. Теория замедленного разряда  |                           |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.4. Электродные процессы в условиях медленной химической реакции .   |                           |                     |                      | 1,0                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.5. Электрохимическое выделение металлов из водных растворов   |                           |                     |                      | 0,5                                    |   |   |   |
|   | Лабораторная работа № 8<br>Определение энергии активации и природы потенциала электрохимической реакции «температура-кинетическим методом» |                           | 8,0                 |                      | 6,0                                    | Подготовка к лабораторным работам [6.1.2], [6.1.4], [6.1.5] |   |   |
|   | Тема 5.6. Электрохимическое растворение и пассивность металлов   |                           |                     |                      | 0,5                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.7. Электрохимические процессы выделения и ионизации кислорода   |                           |                     |                      | 0,5                                    |   |   |   |
|   | Тема 5.8. Электрохимические методы определения состава комплексных ионов   |                           |                     |                      | 0,5                                    |   |   |   |
|   | Лабораторная работа № 9<br>Потенциодинамический метод  |                           | 8                   |                      | 6,0                                    | Подготовка к практическим занятиям [6.1.1],                 |   |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы (час) |                     |                      |  | Вид СРС           | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|--|---------------------------|---------------------|----------------------|--|-------------------|---|---|
|   |  | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа студентов (час) |                   |   |   |
|   | исследования механизмов электродных процессов                                    |                           |                     |                      |  | [.6.1.2], [6.1.5] |   |   |
|   | <b>Тема 5.9.</b> Электрохимия полупроводников                                    |                           |                     |                      | 0,5                                    |                   |   |   |
|   | <b>Тема 5.11.</b> Электрохимия органических соединений                           |                           |                     |                      | 0,5                                    |                   |   |   |
|   | <b>Тема 5.12.</b> Особенности электрохимических процессов в расплавленных средах |                           |                     |                      | 0,5                                    |                   |   |   |
|   | <b>Тема 5.13.</b> Особенности электрохимических процессов в разбавленных средах  |                           |                     |                      | 0,5                                    |                   |   |   |
|   | <b>Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:</b>                             |                           |                     |                      | <b>20</b>                              |                   |   |   |
|   | реферат, эссе (тема)   |                           |                     |                      |  |                   |   |   |
|   | расчёто-графическая работа   |                           |                     |                      |  |                   |   |   |
|   | (РГР)  |                           |                     |                      |  |                   |   |   |
|   | контрольная работа   |                           |                     |                      |  |                   |   |   |
|   | <b>Итого по 6 семестру</b>   | <b>-</b>                  | <b>68</b>           | <b>-</b>             | <b>63</b>                              |                   |   |   |
|   | <b>ИТОГО по дисциплине</b>   | <b>51</b>                 | <b>68</b>           | <b>34</b>            | <b>135</b>                             |                   |   |   |

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных работ и примеры заданий для контрольных работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена в 5 и 6 семестрах.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Технология электрохимических производств и химии органических веществ».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле, оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле оценка выполнения лабораторных работ

| <b>Шкала оценивания</b> | <b>Лабораторная работа</b> | <b>Экзамен</b>    |
|-------------------------|----------------------------|-------------------|
| $40 < R \leq 50$        | Отлично                    | Отлично           |
| $30 < R \leq 40$        | Хорошо                     | Хорошо            |
| $20 < R \leq 30$        | Удовлетворительно          | Удовлетворительно |
| $0 < R \leq 20$         | Неудовлетворительно        | незачет           |

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

| Код и наименование компетенции   | Критерии оценивания результатов обучения  |  |   |   |
|--|---|--|---|---|
|  | Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля  | Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля   | Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля   | Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля   |
| ОПК-3 Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире  | Не знаком с методами выбора оптимальных режимов проведения электрохимического процесса, с экспериментальными методиками при исследовании электрохимических процессов, математическими навыками при описании электрохимических процессов. Не имеет понятия о применении полученные знания при выборе оптимальных режимов проведения электрохимического процесса  | Слабо знаком с методами выбора оптимальных режимов проведения электрохимического процесса, с экспериментальными методиками при исследовании электрохимических процессов, с математическими навыками при описании электрохимических процессов. Имеет слабые понятия о применении полученные знаний при выборе оптимальных режимов проведения электрохимического процесса  | Хорошо знаком с методами выбора оптимальных режимов проведения электрохимического процесса, с экспериментальными методиками при исследовании электрохимических процессов, с математическими навыками при описании электрохимических процессов. Имеет хорошие понятия о применении полученные знаний при выборе оптимальных режимов проведения электрохимического процесса   | Отлично знаком с методами выбора оптимальных режимов проведения электрохимического процесса, с экспериментальными методиками при исследовании электрохимических процессов, с математическими навыками при описании электрохимических процессов. Уверенно применяет полученные знания при выборе оптимальных режимов проведения электрохимического процесса  |
| ПСК-1 Способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку полученных результатов и оценивать погрешности измерений, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | Не знает сбор, обработка, анализ и обобщение знаний: математическое описание основных законов, используемых при описании электрохимических процессов, механизмы, протекающие в электрохимических процессах, физико-химические причины возникновения потенциала на границе металл – раствор, особенности строения двойного электрического слоя и особенности электрохимических реакций, протекающих на электродной поверхности, экспериментальные методики при исследовании электрохимических процессов; экспериментальные методики обработки и интерпретации данных | Слабо знает обобщение знаний: математическое описание основных законов, используемых при описании электрохимических процессов, механизмы, протекающие в электрохимических процессах, физико-химические причины возникновения потенциала на границе металл – раствор, особенности строения двойного электрического слоя и особенности электрохимических реакций, протекающих на электродной поверхности, экспериментальные методики при исследовании электрохимических процессов; экспериментальные методики обработки и интерпретации данных | Хорошо знает сбор, обработка, анализ и обобщение знаний: математическое описание основных законов, используемых при описании электрохимических процессов, механизмы, протекающие в электрохимических процессах, физико-химические причины возникновения потенциала на границе металл – раствор, особенности строения двойного электрического слоя и особенности электрохимических реакций, протекающих на электродной поверхности, экспериментальные методики при исследовании электрохимических процессов; экспериментальные методики обработки и интерпретации данных | Уверенно знает способы сбора, обработки, анализа и обобщения знаний: математическое описание основных законов, используемых при описании электрохимических процессов, механизмы, протекающие в электрохимических процессах, физико-химические причины возникновения потенциала на границе металл – раствор, особенности строения двойного электрического слоя и особенности электрохимических реакций, протекающих на электродной поверхности, экспериментальные методики при исследовании электрохимических процессов; экспериментальные методики обработки и интерпретации данных по изу- |

| Код и наименование компетенции | Критерии оценивания результатов обучения   |  |   |  |
|--------------------------------|--|--|---|--|
|                                | Оценка «неудовлетворительно» / «не засчитено»<br>0-59%<br>от max рейтинговой оценки контроля   | Оценка «удовлетворительно» / «засчитано»<br>60-74%<br>от max рейтинговой оценки контроля   | Оценка «хорошо» / «засчитано»<br>75-89%<br>от max рейтинговой оценки контроля   | Оценка «отлично» / «засчитано»<br>90-100%<br>от max рейтинговой оценки контроля  |
|                                | <p>по изучению электрохимических реакций, физико-химические методы по изучению электрохимических реакций и выявлению перенапряжений электродного процесса.</p> <p><b>Не умеет</b> применять методы анализа научно-технической информации применительно к законам электрохимической кинетики и термодинамики при описании электродных процессов; владеть экспериментальными методиками по обработке электрохимических данных при изучении электродных процессов, применять физико-химические методы исследования для изучения механизма электрохимических реакций.</p> <p><b>Не владеет</b> навыками анализа учебной и научной литературы для нахождения оптимальных составов электролитов и режимов проведения процессов электролиза, навыками применения полученных знаний при выборе оптимальных режимов работы электролитической ванны для получения качественных гальванических покрытий и гальванических источников тока; электрохимическими методами наблюдения и измерения для изучения электрохимических процессов с учетом техники безопасности и владеть методикой интерпрета-</p> | <p>ных по изучению электрохимических реакций, физико-химические методы по изучению электрохимических реакций и выявлению перенапряжений электродного процесса.</p> <p><b>Слабо умеет</b> применять методы анализа научно-технической информации применительно к законам электрохимической кинетики и термодинамики при описании электродных процессов; владеть экспериментальными методиками по обработке электрохимических данных при изучении электродных процессов, применять физико-химические методы исследования для изучения механизма электрохимических реакций.</p> <p><b>слабо владеет</b> навыками анализа учебной и научной литературы для нахождения оптимальных составов электролитов и режимов проведения процессов электролиза, навыками применения полученных знаний при выборе оптимальных режимов работы электролитической ванны для получения качественных гальванических покрытий и гальванических источников тока; электрохимическими методами наблюдения и измерения для изучения электрохимических процессов с учетом техники безопасности и владеть методикой</p> | <p>по изучению электрохимических реакций, физико-химические методы по изучению электрохимических реакций и выявлению перенапряжений электродного процесса.</p> <p><b>Хорошо умеет</b> применять методы анализа научно-технической информации применительно к законам электрохимической кинетики и термодинамики при описании электродных процессов; владеть экспериментальными методиками по обработке электрохимических данных при изучении электродных процессов, применять физико-химические методы исследования для изучения механизма электрохимических реакций.</p> | <p>чению электрохимических реакций, физико-химические методы по изучению электрохимических реакций и выявлению перенапряжений электродного процесса.</p> <p><b>Уверенно умеет</b> применять методы анализа научно-технической информации применительно к законам электрохимической кинетики и термодинамики при описании электродных процессов; владеть экспериментальными методиками по обработке электрохимических данных при изучении электродных процессов, применять физико-химические методы исследования для изучения механизма электрохимических реакций.</p> <p><b>Уверенно владеет</b> навыками анализа учебной и научной литературы для нахождения оптимальных составов электролитов и режимов проведения процессов электролиза, навыками применения полученных знаний при выборе оптимальных режимов работы электролитической ванны для получения качественных гальванических покрытий и гальванических источников тока; электрохимическими методами наблюдения и измерения для изучения электрохимических процессов с учетом техники безопасности и владеть методикой</p> |

| <b>Код и наименование компетенции</b> | <b>Критерии оценивания результатов обучения</b>   |   |   |   |
|---------------------------------------|---|---|---|---|
|                                       | <b>Оценка «неудовлетворительно» / «не засчитено»<br/>0-59%<br/>от max рейтинговой оценки контроля</b>   | <b>Оценка «удовлетворительно» / «зачтено»<br/>60-74%<br/>от max рейтинговой оценки контроля</b>   | <b>Оценка «хорошо» / «зачтено»<br/>75-89%<br/>от max рейтинговой оценки контроля</b>  | <b>Оценка «отлично» / «зачтено»<br/>90-100%<br/>от max рейтинговой оценки контроля</b>  |
|                                       | ции полученных данных; экспериментальными методиками для изучения электрохимических процессов и обработке полученных результатов, навыками использования физико-химических методов при изучении механизмов электрохимических реакций. | процессов с учетом техники безопасности и владеть методикой интерпретации полученных данных; экспериментальными методиками для изучения электрохимических процессов и обработке полученных результатов, навыками использования физико-химических методов при изучении механизмов электрохимических реакций. | интерпретации полученных данных; экспериментальными методиками для изучения электрохимических процессов и обработке полученных результатов, навыками использования физико-химических методов при изучении механизмов электрохимических реакций. | диками для изучения электрохимических процессов и обработке полученных результатов, навыками использования физико-химических методов при изучении механизмов электрохимических реакций. |

Таблица 7 – Критерии оценивания

| Оценка  | Критерии оценивания   |
|---|---|
| Высокий уровень «5» (отлично)                 | оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. |
| Средний уровень «4» (хорошо)                  | оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.  |
| Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)     | оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.        |
| Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) | оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.   |

## 6.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда, электронные издания.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль). Издания, находящиеся в электронном доступе (электронный ресурс), удовлетворяют этому требованию автоматически. Электронный доступ приведен в виде ссылок после обычного описания издания.

| № п/п  | Автор(ы)  | Заглавие                              | Издательство, год издания                | Назначение, вид издания, гриф                                      | Кол-во экз. в библиотеке |
|--------|---|---------------------------------------|--|--|--------------------------|
| 6.1.1. | А.Л. Ротинян, К.И. Тихонов, А.И. Шошина, А.М. Тимонов | Теоретическая электрохимия            | М.: Студент, 2013.                       | Учебник  | 15                       |
| 6.1.2. | Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина              | Электрохимия                          | СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 672 с | Учебное пособие (Учебник для вузов . Специальная литература).      | 1                        |
| 6.1.3. | Ю.Я. Лукомский  | Физико-химические основы электрохимии | Долгопрудный: из-дом «Интеллект», 2008   | Учебник, рек-но инт физ.химии и электрохимии им. А.Е.Фрумкина, РАН | 28                       |
| 6.1.4. | Миомандр Ф, Садаки С., Одебер П.                      | Электрохимия                          | М.:Высшее образование, 2008              | учебник  | 10                       |
| 6.1.5. | М.Г. Михаленко, Ю.Л. Гунько Ю                         | Лабораторный практикум по тео-        | Н.Новгород: [Изд-во НГТУ],               | Учебное пособие  | 1                        |

|        |  |  |   |                 |                                |
|--------|--|--|---|-----------------|--------------------------------|
|        | В.В.Исаев<br>О.Л. Козина<br>В.В. Рогожин                               | теоретической электрохимии                                       | 2017. – 112с  |                 |                                |
| 6.1.6. | В.В. Исаев,<br>В.А. Козырин,<br>М.Г. Михаленко                         | Основные положения и понятия теоретической электрохимии          | НГТУ им.<br>Р.Е. Алексеева<br>2018  | Учебное пособие | 2                              |
| 6.1.7. | А.В. Введенский<br>Е.В.Бобринская<br>С.Н.Грушевская ,<br>С.А. Калужина | <u>Сборник примеров и задач по электрохимии: Учебное пособие</u> | Издательство<br>"Лань", 2022,<br>208с.  | Учебное пособие | [Электронные текстовые данные] |
| 6.1.8. | С.Л. Березина ,<br>Н.Н. Двуличанская ,<br>Г.Н. Фадеев.                 | <u>Основы электрохимии: учебное пособие</u>                      | Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2006, 72с. | Учебное пособие | [Электронные текстовые данные] |

## 6.2. Справочно-библиографическая литература.

| № п/п  | Автор(ы)  | Заглавие  | Издательство, год издания                                    | Назначение, вид издания, гриф | Кол-во экз. в библиотеке       |
|--------|---|---|--|-------------------------------|--------------------------------|
| 6.2.1. | <u>Шкилева И. П.</u>  | <u>Электрохимия. Растворы электролитов. Электрохимическая термодинамика</u> | Тверской государственный технический университет, 2015, 96с. | Учебное пособие               | [Электронные текстовые данные] |
| 6.2.2. | Балдынова Ф.П.,<br>Максимова И.Н.,<br>Пак Ч.С.,<br>Правдин Н.Н.,<br>Разуваев В.Е. | Свойства электролитов   | Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 240 с.                            | Справочник                    | 3                              |

## 6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Теоретическая электрохимия» находятся на кафедре «Технология электрохимических производств и химии органических веществ».

## 7.ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система Znaniun.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znaniun.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

## 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

| № | Наименование ЭБС     | Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС                            |
|---|----------------------|---|
| 1 | Консультант студента | <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a> |
| 2 | Лань                 | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>               |
| 3 | Юрайт                | <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>         |

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| № | Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы | Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)                  | 3 |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |
| 1 | База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ                            | <a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a> |   |
| 2 | Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем     | <a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>                           |   |

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

| № | Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|---|--|---|
| 1 | ЭБС «Консультант студента»   | озвучка книг и увеличение шрифта  |
| 2 | ЭБС «Лань»   | специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты                        |

| № | Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|---|--|---|
|   |  | книг и меню навигации   |
| 3 | ЭБС «Юрайт»  | версия для слабовидящих   |

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 1160 – 15 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

При проведении лекций и лабораторных практикумов на кафедре используется материально-техническое оснащение аудиторий и лабораторий кафедры, применяемое в реализации учебного процесса, приведенное в образовательной программе профиля «Технология электрохимических производств»: лабораторные приборы (комплект лабораторного оборудования для контроля качества материалов, приборы для контроля качества получаемых покрытий); компьютерная и офисная техника (ПК, принтер, копировальная техника).

| № | Наименование аудиторий и помещений кафедры  | Оснащенность аудиторий помещений и помещений  | Перечень лицензионного программного обеспечения   |
|---|---|---|---|
| 1 | 1345<br>Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра «Технология электрохимических производств и химии органических веществ»), 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24, корп. 1                | 1. Доска меловая;<br>2. Экран настенный;<br>3. Рабочее место преподавателя;<br>4. Рабочее место студента - 28 чел.<br>5. Мультимедийный проектор Epson ER;<br>6. Персональный компьютер, Intel(R) Core(TM) i3-3220 CPU @ 3.30 GHz 4,00 ГБ ОЗУ /HDD 500.   | 1. Windows SL 8.1 (подпись Dr. Spark Prem, договор № 0509/КМР от 15.10.18)<br>2. Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2020)<br>Распространяемое по свободной лицензии:<br>3 Adobe Acrobat Reader X (Freeware);<br>4. P7 офис<br>5. Zoom (Free) (1 шт.)                            |
| 2 | 1118 Лабораторный зал<br>Учебная лаборатория (для проведения занятий лабораторного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра «Технология электрохимических производств и химии органических веществ»), 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24, корп. 1 | 1. Доска меловая;<br>2. Рабочее место преподавателя;<br>3. Рабочее место студента - 24 чел.<br>1. Персональный компьютер, Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.00 GHz 512 МБ ОЗУ /HDD 19.5 /HDD 74.5;<br>2. Персональный компьютер, Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.00 GHz 512 МБ ОЗУ /HDD 74.5;<br>3. Персональный компьютер, Intel(R) Celeron(TM) CPU 1000 MHz 192 МБ ОЗУ /HDD 29.2 /HDD 26.5. | 1. WinXP (Dream Spark Premium 700087777);<br>2. Adobe Acrobat Reader X (Freeware);<br>3. MSOffice 2007 Standard Russian Academic OPEN No Level (Microsoft Open License Academic № 45990647 (безсрочная)); (1 шт.)<br>4. ПО для потенциостата PS-Pack<br>5. ПО для импеденсметра Zpack |

## Лабораторное оборудование и приборы кафедры «ТЭПиХОВ»

| №<br>п/п                                 | Наименование<br>оборудования                               | Использование<br>в учебной ра-<br>боте                          | Использование в<br>工作中   | Назначение<br>согласно паспорту  | № ауди-<br>тории |
|--|--|---|--|--|------------------|
| Лаборатория «Теоретическая электрохимия» |  |   |  |  |                  |
| 1  | Термостат жидкост-<br>ной циркуляцион-<br>ной LOIP LT-208a | Проведение<br>лабораторных<br>и практиче-<br>ских работ         | Поддержание тем-<br>пературного режи-<br>ма  | Термостаты для точного<br>поддержания температуры<br>как в ванне, так и во внеш-<br>нем контуре замкнутого<br>типа. Термостаты серии<br>LOIP LT-200 рассчитаны на<br>работу как с водой, так и с<br>неводными теплоносителя-<br>ми.  | 1118             |
| 2  | Потенциостат-<br>гальваностат P20X                         | Проведение<br>лабораторных<br>и практиче-<br>ских работ,<br>НИР | Воспроизведение<br>напряжения и силы<br>постоянного тока<br>на рабочих элек-<br>тродах электрохим-<br>ической ячейки в<br>процессе электро-<br>химических иссле-<br>дований. | Прибор позволяет прово-<br>дить как классический<br>электросинтез или электро-<br>осаждение, так и испыты-<br>вать и исследовать неболь-<br>шие химические источники<br>тока. Также с помощью<br>этого прибора можно испы-<br>тывать различные компо-<br>ненты электрохимических<br>устройств — электродов и<br>электролитов.  | 1118             |
| 3  | Импедансметр<br>Z2000                                      | Проведение<br>лабораторных<br>и практиче-<br>ских работ         | Воспроизведение<br>напряжения и силы<br>постоянного тока<br>на рабочих элек-<br>тродах электрохим-<br>ической ячейки в<br>процессе электро-<br>химических иссле-<br>дований. | Импедансметр Z2000 ред-<br>назначен для проведения<br>широкого спектра научных<br>исследований в различных<br>областях химии и физики; в<br>частности, тестирования<br>батарей топливных элемен-<br>тов и отдельных их компо-<br>нентов, испытания литиев-<br>ых аккумуляторов, кроме<br>того, он может быть испо-<br>льзован для изучения<br>проводящих систем, корро-<br>зионных исследований ма-<br>териалов, а также контроля<br>качества электрорадиоэле-<br>ментов | 1118             |
| 4  | Весы аналитические<br>VIBRA HTR-220CE<br>(Япония)          | Проведение<br>лабораторных<br>и практиче-<br>ских работ         | Исследование и<br>определение массы<br>материалов  | Предназначены для стати-<br>ческого определения массы<br>веществ, материалов в ла-<br>бораторных условиях.   | 1118             |
| 5  | Иономер-<br>кондуктометр Анион<br>4155                     | Проведение<br>лабораторных<br>и практиче-<br>ских работ         | Исследование ха-<br>рактеристик и<br>свойств электрод-<br>ных систем   | Комбинированные много-<br>канальные анализаторы<br>«Анион 4155», при соче-<br>тании различных методов<br>анализа предназначены для<br>измерения активности<br>ионов (pX) ;ЭДС электрод-<br>ных систем ;окислительно-<br>восстановительного потен-<br>циала ( $E_h$ ; )молярной и<br>массовой концентрации<br>ионов ; удельной электри-<br>ческой проводимости  | 1118             |

| № п/п | Наименование оборудования   | Использование в учебной работе               | Использование в работе  | Назначение согласно паспорту   | № аудитории |
|-------|---|--|---|--|-------------|
|       |   |  |   | (УЭП), солесодержания в пересчете на $C_{NaCl}$ - ;концентрации растворенного кислорода, температуры водных растворов.   |             |
| 6     | Универсальные муфельные электропечи SNOL® с камерой из термоволокна | Проведение лабораторных и практических работ | Предназначены для нагрева, обжига   | Универсальные муфельные электропечи SNOL® с камерой из термоволокна предназначены для нагрева, обжига, прокалки и других видов термической обработки керамики и различных материалов в диапазоне рабочей температуры от +50°C до +1300°C | 1118        |
| 7     | Лабораторные источники питания Б5-70                                | Проведение лабораторных и практических работ | Предназначены для выдачи стабилизированных напряжений и токов.  | Прибор работает в режиме стабилизации напряжения до 30 вольт и в режиме стабилизации тока до 5 ампер, имеют цифровую индикацию уровня выходного напряжения и тока и возможность измерения внешнего постоянного напряжения до 100В.       | 1118        |
| 8     | Вольтметры универсальный цифровые                                   | Проведение лабораторных и практических работ | Предназначены для измерения основных электрических величин: напряжения, силы тока, а также сопротивления. | Измерение основных электрических величин: напряжения 10 мкВ- 1000 В, силы тока 10мкА- 2 А, сопротивления постоянному току. 0,1 Ом-20 МОм, автоматический выбор пределов измерения.   | 1118        |

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Теоретическая электрохимия», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ТЭПиХОВ» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденно-го перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-

ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч с студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

### **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

### **10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

### **10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным за-

нятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в разделе 9). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ТЭПиХОВ».

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам;
- практические занятия;
- контрольные работы;
- экзамен.

### **11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ**

Контрольные вопросы для лабораторных работ приведены в учебном пособии «Лабораторный практикум по теоретической электрохимии».

**Образцы вопросов для проведения коллоквиума:**

*Лабораторная работа №1*

1. Что такое удельная и эквивалентная электропроводности электролита, их размерности и соотношения между собой?
2. Почему с повышением температуры увеличиваются удельная и эквивалентная электропроводности электролитов?
3. Почему электролитическая постоянная сосуда для измерения электропроводности имеет зависимость от количества залитого электролита?
4. Почему нельзя даже с током высокой частоты при измерении электропроводности растворов применять электроды из металлов, анодно активных в данном электролите (например, медных в растворе серной кислоты)?
5. Можно ли измерить проводимость электролита при прохождении через ячейку постоянного тока?
6. Почему в некоторых сильных электролитах наблюдается снижение удельной электропроводности при увеличении концентрации сверх некоторого предела?
7. В чем отличие сил электрофоретического торможения ионов от сил релаксационного торможения?

8. Коэффициент активности, коэффициент электропроводности – обе величины характеризуют взаимодействие ионов в растворе. В чем их отличие по физическому смыслу?

## **11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена**

### **11.2.1. Вопросы к экзамену, проводимому на 3 курсе (по окончании 5 семестра)**

1. Теория электролитической диссоциации Аррениуса.
2. Основные положения теории электролитов Дебая - Гюкеля. Первое приближение теории
3. Второе и третье приближение теории Дебая - Гюкеля. Анализ основных допущений.
4. Понятия: активность и коэффициент активности. Экспериментальное определение. Ионная сила раствора. Термодинамическая оценка межионного взаимодействия.
5. Влияние сольватации и коэффициент активности. Основы теории Робинсона и Стокса.
6. Ассоциация и неполная диссоциация электролитов. Их влияние на коэффициент активности.
7. Влияние природы растворителя на силу электролита.
8. Влияние сольватации ионов. Методы экспериментального определения энергии и теплоты сольватации.
9. Энергия и теплоты сольватации. Принципы их расчета по методам Борна, Ван Аркеля и Де-Бура. Реальная и химическая энергия сольватации.
10. Электропроводность растворов электролитов. Влияние на электропроводность концентрации, температуры, природы растворителя.
11. Закон независимого движения ионов Кольрауша. Подвижность ионов. Аномальная подвижность некоторых ионов.
12. Электропроводность сильных электролитов. Электрофоретическое и релаксационное торможение. Эффекты Вина и Дебая – Фолькенгагена.
13. Основы теории Онзагера для электропроводности сильных электролитов.
14. Числа переноса. Истинные и кажущиеся. Методы определения. Зависимость чисел переноса от типа противоионов, концентрации, температуры, размера и заряда ионов.
15. Термодинамика гальванического элемента. Условия обратимой работы. Общее выражение ЭДС. Понятие электродного потенциала.
16. Электродный потенциал. Экспериментальное определение стандартных электродных потенциалов. Классификация электродов.
17. Основы теории возникновения электродного потенциала по Нернсту, Вольта, Писаржевскому – Изгарышеву.
18. Термодинамическая устойчивость электродов. Диаграмма Пурбэ.
19. Диффузионный потенциал. Методы его элиминирования.
20. Единая шкала электродных потенциалов Н.А.Измайлова.
21. Идеально поляризуемый и неполяризуемый электроды. Электрометр Липпмана. Электрокапиллярные явления.
22. Строение двойного электрического слоя на границе электрод – раствор. Теоремы Гельмгольца, Гуи-Чэпмена, Штерна и Грэма. Сравнительная характеристика.

### **11.2.2. Вопросы к экзамену, проводимому на 3 курсе (по окончании 6 семестра)**

1. Дифференциальная и интегральная емкости двойного электрического слоя.
2. Виды электродных поляризаций. Причины их вызывающие.
3. Диффузионная поляризация при катодном реагировании простых ионов.
4. Расчет предельного тока диффузии по электродному балансу процесса.
5. Экспериментальная методика выявления видов предельных токов диффузии и реакций.
6. Зависимости поляризации от плотности тока при его малых и больших значениях.

7. Особенности строения двойного электрического слоя на полупроводниковых электродах. Электродные процессы на полупроводниках р-и п-типов.
8. Определение контролирующей стадии электродного процесса по критериальным коэффициентам его полулогарифмических зависимостей.
9. Диффузионная поляризация при анодном растворении металлов с образованием простых ионов.
10. Коэффициенты переноса в уравнениях электрохимической кинетики.
11. Основные отличия в математическом аппарате теорий Тафеля и Фрумкина-Фольмера.
12. Механизм катодного восстановления органических веществ.
13. Принципы составления электродных балансов электрохимических процессов.
14. Анодное окисление органических веществ.
15. Принципы составления уравнений электрохимической кинетики.
16. Стадийность электрохимического процесса ионизации кислорода.
17. Выражение предельного тока диффузии из электродного баланса процесса.
18. Электрохимический механизм процессов химической металлизации. Влияние металла основы и вида восстановителя на возможность протекания процесса.
19. Механизм внедрения фосфора и бора в покрытие при химическом никелировании.
20. Современные представления о механизме анодной пассивации металлов.
21. Теория замедленного разряда для водородного процесса.
22. Диффузионная поляризация при катодном выделении металлов из комплексных электролитов.
23. Температурно-кинетический метод определения эффективной энергии активации электродного процесса.
24. Твердофазные электродные превращения, их отличие от ионного механизма. Условия таких превращений внутри твердой фазы.
25. Вращающийся дисковый электрод. Его особенности; изучаемые с ним параметры
26. Рекомбинационная теория Тафеля для водородного процесса.
27. Фазовая поляризации.
28. Явление саморегулирования истинной плотности тока.
29. Анализ гальванистических кривых электродных процессов.
30. Методы определения токов обмена электродных систем из поляризационных зависимостей.
31. Анализ потенциостатических и потенциодинамических кривых электродных процессов.
32. Идентификация вида контролирующей стадии электродного процесса (диффузия, химическая реакция стадия переноса, образование новой фазы).
33. Коэффициенты переноса в уравнениях электрохимической кинетики.
34. Причины независимости скорости пассивно-активного растворения металлических анодов от поляризации.
35. Электродные процессы в расплавленных средах; электроды сравнения.
36. Электрохимические методы определения состава комплексных ионов.

### 11.3. Типовые вопросы для текущего контроля

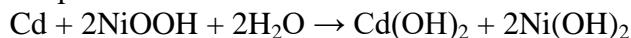
#### 11.3.1 Образцы вопросов для практических занятий

1. Коэффициенты переноса, их смысл, способы их экспериментального определения, случаи равенства их суммы числу электронов, участвующих в электродной реакции.
2. Основные отличия в математическом аппарате теорий Тафеля и Фрумкина-Фольмера.
3. Принципы определения контролирующей стадии электродного процесса по его критериальным коэффициентам.

4. Исследования характеристик ДЭС методом снятия электрокапиллярных кривых.
5. Электрохимические методы определения состава комплексных пленок.
6. Принципы определения контролирующей стадии электродного процесса по его критериальным коэффициентам.

### 11.3.2 Образцы задач для практических занятий

1. Рассчитайте электрохимические эквиваленты хрома в хромовокислых растворах на основе  $\text{CrO}_3$  и в сернокислых растворах на основе  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .
2. Рассчитайте электрохимические эквиваленты компонентов при разряде никель-кадмивого аккумулятора



3. Рассчитайте ионную силу раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  -80г/л + $\text{ZnSO}_4$  -100г/л.
4. Средний ионный коэффициент активности 0,1М водного раствора  $\text{HCl}$  при  $25^0\text{C}$  равен 0,796. Рассчитайте активность  $\text{HCl}$ .
5. Потенциал водородного электрода при  $25^0\text{C}$  по отношению к хлорсеребряному электроду сравнения равен -0,7В. Рассчитайте pH раствора.
6. Рассчитайте константу нестойкости цинкового комплекса  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ , если  $E_0$  для процесса  $\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}$  равен -0,76В, а для процесса  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn} + 4\text{OH}^-$  равен -1,216В.
7. Рассчитайте произведение растворимости  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ , если  $E_0$  для процесса  $\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cd}^+ + 2\text{OH}^-$  равно -0,809В. для реакции  $\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cd}^0$  составляет -0,402В.
8. Составьте электродный баланс катодного процесса в системе (-) Pt/  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Количество прошедшего электричества 2F.
9. Методом хронопотенциометрии изучают катодную реакцию  $\text{M}^{3+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{M}^{2+}$  при плотности тока  $8,5 \cdot 10^{-4} \text{ A/cm}^2$ . Коэффициент диффузии ионов  $\text{M}^{3+}$  равен  $0,89 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ , ионов  $\text{M}^{2+}$  равен  $0,69 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ , концентрация ионов  $\text{M}^{3+}$  составляет 0,012 моль/л; миграция и конвенция элиминированы. Рассчитайте концентрацию ионов  $\text{M}^{3+}$  у поверхности электрода через 1 и 4с после начала электролиза, а также переходное время.
10. Через раствор  $\text{CdCl}_2$  пропускали постоянный ток между платиновыми электродами в течение 1 часа. Сила тока равна 0,5А. Число переноса  $t\text{Cd}^{2+} = 0,414$ . Найдите убыль  $\text{CdCl}_2$  в католите и анолите.
11. Электроосаждение цинка ведут при 298К из раствора, содержащего 0,1 моль/л сульфата цинка и 0,25 моль/л сульфата натрия при катодной плотности тока 1,5А/дм<sup>2</sup>. Концентрация ионов цинка у поверхности электрода в 4 раза меньше их объемной концентрации. Рассчитайте эффективную толщину диффузионного слоя, если коэффициент диффузии ионов цинка равен  $0,72 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ .

### 11.3.3 Образцы заданий для контрольной работы

Контрольная работа № 1  
Электродные балансы и законы электролиза  
Вариант 1

Задание 1. Составить электродный баланс для электролиза водного раствора  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ . Электролиз протекает с инертными электродами.

Задание 2. Составить электродный баланс для электролиза водного раствора  $\text{NiCl}_2$ . Электролиз протекает на никелевых электродах.

Задание 3. Составить электродный баланс для электролиза расплава  $\text{AlF}_3$ . Электролиз проходит с графитовыми электродами.

Задание 4. Определите pH прикатодного пространства при электролизе с инертными электродами водного раствора хлорида кальция. Напишите уравнения электродных реакций и суммарную реакцию в электролизере.

Задание 5. В воде растворено 10 г гидроксида калия, содержащего примесь хлорида калия. Раствор подвергли электролизу. При электролизе на аноде выделилось 224 мл (н.у.) хлора. Вычислите процентное содержание примеси в гидроксиде калия, считая электролитическое разложение вещества полным.

Задание 6. Кубик со стороной 5 см покрыли слоем никеля на толщину 25 мкм из раствора содержащего сульфат никеля. Определите время никелирования, если плотность катодного тока 4 А/дм<sup>2</sup>, а выход по току никеля 92 %. Плотность никеля 8,9 г/см<sup>3</sup>.

Контрольная работа № 2  
Термодинамика растворов сильных электролитов  
Вариант № 1

1. Вычислите ионную силу раствора состава (г/л):  
 $\text{CuSO}_4 - 2$  ;  $\text{Al}_2\text{SO}_4 - 3$ .
2. Определите средний коэффициент активности электролита  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  , имеющего концентрацию 1,3 % при температуре 30  $^{\circ}\text{C}$ . Диэлектрическая постоянная воды 80.
3. Для измерения электропроводности 0,12 N раствора хлорида калия в воде при 18  $^{\circ}\text{C}$  применялся электролизер прямоугольного сечения, стенки которого служили электродами. Расстояние между стенками 32 см, а объем раствора в электролизёре 60 мл. Сопротивление раствора 280 Ом. Определите удельную и эквивалентную электропроводность раствора.
4. Сопротивление электролитической ванны при 20  $^{\circ}\text{C}$ , наполненной раствором 0,02 М хлорида калия равно 72 Ом. Удельная электропроводность этого раствора 0,00253 Ом<sup>-1</sup>см<sup>-1</sup>. Каково будет сопротивление раствора, если электролизёр наполнить раствором  $\text{MgCl}_2$  с концентрацией 0,08 М. Эквивалентная электропроводность раствора хлорида магния 83,1 см<sup>2</sup>/Ом г-экв.
5. Раствор серной кислоты с концентрацией 0,098 М подвергли электролизу между платиновыми электродами. Через электролизер проходил ток 80 мА в течение 90 минут. После электролиза электролит в катодном пространстве имел концентрацию кислоты 0,092 М. Определите числа переноса  $\text{H}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ .

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИФХТиМ  
Мацулевич Ж.В.

“ \_\_\_\_ ” 20 \_\_\_\_ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
**Б1.В.ОД.8 «Теоретическая электрохимия»**

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров

Направление: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: «Технология электрохимических производств»

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2020

Курс 3

Семестр 5 и 6

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20 \_\_\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1) .....;
- 2) .....;
- 3) .....

Разработчик (и): Исаев В.В., к.т.н., доцент;  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

« \_\_\_\_ » 202 \_\_\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «ТЭП и ХОВ»  
\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » 202 \_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой Ивашкин Е.Г.

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой «ТЭПиХОВ», Ивашкин Е.Г. « \_\_\_\_ » 202 \_\_\_\_ г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_