

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ПО ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ А.И.Жук

" _____ " _____

Регистрационный №ТД- _____ / тип

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Типовая учебная программа
для высших учебных заведений по специальности
1 – 48 01 04 Технология электрохимических производств

СОГЛАСОВАНО:

Заместитель технического директора
Республиканского унитарного
предприятия «Минский тракторный
завод» по подготовке производства

_____ В. В. Лубешко

" _____ " _____ 2011 г.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник Управления высшего и
среднего специального
образования Министерства
образования Республики Беларусь

_____ Ю.И.Миксюк

" _____ " _____ г.

СОГЛАСОВАНО:

Председатель Учебно-методического
объединения высших учебных заведе-
ний Республики Беларусь по химико-
технологическому образованию

_____ И. М. Жарский

" _____ " _____ 2011 г.

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по учебной работе
Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ В.И.Шупляк

" _____ " _____ г.

Эксперт-нормоконтролер

" _____ " _____ г.

**МИНСК
2011**

Составители:

И. М. Жарский – заведующий кафедрой химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат химических наук, профессор;

А. А. Черник - доцент кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат химических наук, доцент

Рецензенты:

Кафедра химии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

А. И. Кулак –заместитель директора по научной работе Государственного научного учреждения «Институт общей и неорганической химии» Национальной академии наук Беларуси, профессор кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

Рекомендована для утверждения в качестве типовой:

кафедрой химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 4 от 26.01.2011 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 6 от 10.05.2011 г.);

Научно-методическим советом по химическим технологиям учебно-методического объединения высших учебных заведений Республики Беларусь по химико-технологическому образованию (протокол № 1 от 09.06.2011 г.)

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	4
2. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.....	8
3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	9
4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	14
4.5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	20

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая программа разработана в соответствии с образовательным стандартом по специальности 1 – 48 01 04 «Технология электрохимических производств».

1.1 Актуальность изучения дисциплины в вузе и ее роль в профессиональной подготовке выпускника

Теоретическая электрохимия занимает особое место в подготовке инженеров-химиков -технологов по специальности «Технология электрохимических производств». Эта дисциплина является фундаментом прикладной электрохимии и теоретической базой для изучения всех дисциплин специальности. Она призвана расширить познания студентов в области естественных наук и способствует формированию широкого научного кругозора.

Объектами профессиональной деятельности специалистов являются: химические источники тока, печатные платы и микросхемы, технологические процессы подготовки металлической поверхности перед нанесением металлических и неметаллических покрытий; химические и электрохимические методы водоподготовки и очистки сточных вод на предприятиях по производству печатных плат и микросхем, на металлургических заводах и предприятиях машино-, приборо-, автомобилестроения; технологические процессы нанесения металлических и оксидных покрытий электрохимическими и химическими методами; установки и аппараты для проведения электрохимических и химических процессов; приборы и методы исследования свойств наносимых покрытий в производственно-коммерческих, научно-исследовательских и образовательных учреждениях. Поэтому знания в теоретической электрохимии будущих инженеров приобретают особенно важное значение, особенно при использовании новых материалов, повышении надежности современной техники, уменьшении энергозатрат технологических процессов электрохимических производств. Знание электрохимических законов и закономерностей протекания электрохимических процессов помогает инженеру при выборе электродных материалов, сырья, обеспечения экологической безопасности технологических процессов, в решении экологических проблем.

Теоретическая электрохимия является одной из специальных дисциплин, включенных в программу подготовки инженеров – химиков - технологов по специальности «Технология электрохимических производств».

1.2 Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания данной дисциплины - изучение современных положений теоретической электрохимии, освоение навыков проведения исследовательской работы и подготовка к самостоятельной творческой работе по усовершенствованию существующих технологических процессов, разработке и внедрению новых процессов и технологий, а также формирование у студентов творческого, активного отношения к изучаемому материалу и способности к непрерывному самообучению.

Основной задачей изучения дисциплины «Теоретическая электрохимия» является привитие студентам знаний теоретических основ электрохимии и умения их использовать для практических расчетов параметров электродных процессов и свойств электрохимических систем, а также теоретическое и экспериментальное освоение современных методов исследования электрохимических систем.

1.3 Требования к уровню овладением содержанием учебной дисциплины.

Успешное овладение основами «Теоретической электрохимии» требует от студентов обязательного знания основных разделов теоретических основ химии, высшей математики, физики, физической химии, а также умения активно использовать вычислительную технику в решении различных задач.

В результате изучения дисциплины «Теоретическая электрохимия» специалисты должны знать:

- основные законы электрохимии;
- основные модели электрохимической кинетики;
- методы экспериментального исследования и методы расчетов кинетических и физико-химических параметров электрохимических процессов;
- основные понятия и закономерности электрохимического равновесия, электрохимической кинетики и электрокатализа;

уметь:

- использовать полученные теоретические знания при решении задач по равновесию и кинетике электрохимических реакций;
- использовать аппаратуру электрохимического практикума и электрохимические установки для постановки и проведения исследований.

1.4 Структура содержания учебной дисциплины.

Содержание дисциплины «Теоретическая электрохимия» состоит из введения и семи разделов: «Процессы переноса в электрохимических системах»; «Метод активности»; «Термодинамика электрохимических систем»; «Двойной электрический слой»; «Кинетика электродных процессов»; «Электроосаждение металлов и электрокристаллизация»; «Электрохимическая

коррозия и пассивность металлов». Вопросы разделов составлены таким образом, что предыдущий раздел является фундаментом последующего.

Типовой учебный план предусматривает для изучения дисциплины 442 часа, в том числе 238 часов аудиторных.

Примерное распределение часов по видам занятий: лекций – 102, лабораторных – 86; практических – 50.

1.5 Характеристика рекомендуемых форм и методов обучения.

Основными формами занятий являются лекции, практические и лабораторные занятия. Во время лабораторных занятий осуществляется формирование экспериментальных навыков работы; связь с лекционным курсом осуществляется через систему коллоквиумов, допусков к лабораторным занятиям и их защит в соответствии тематикой лабораторного практикума. Контроль усвоения знаний, умений и навыков осуществляется в виде устного (защита лабораторных работ) и письменного контроля (рекомендуется выполнение 4-х контрольных работ за семестр).

Для успешного освоения дисциплины «Теоретическая электрохимия» рекомендуется активное использование компьютерных презентаций и демонстративных видеоматериалов, позволяющих составить представления о протекании электрохимических процессов. Для повышения производительности процесса обучения и эффективности усвоения теоретических сведений, а также формирования навыков проведения теоретических расчетов целесообразно использовать следующие методы и технологии обучения:

- применение компьютерного моделирования процессов, изучаемых теоретической электрохимией.
- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- электрохимический эксперимент и решение расчетных количественных электрохимических задач.
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на практических и лабораторных занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии (дискуссия, учебные дебаты), реализуемые на лабораторных работах и практических занятиях.

1.6 Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа осуществляется в виде аудиторных и внеаудиторных форм:

- выполнение индивидуальной работы в аудитории во время проведения лабораторных и практических занятий;

- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;

- оформление отчетов по выполненным лабораторным и практическим работам с консультациями преподавателя.

Для оценки качества самостоятельной работы студентов осуществляется контроль за ее выполнением. В качестве форм контроля самостоятельной работы студентов выступают проверка и защита индивидуальных расчетных заданий, коллоквиумы, контрольные работы, тестирование, принятие зачетов, экзамены.

2. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№	Названия разделов, тем	Количество часов		
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
1	Введение	2	-	-
2	Процессы переноса в электрохимических системах	16	19	10
3	Метод активности	3	4	4
4	Термодинамика электрохимических систем	12	16	14
5	Двойной электрический слой	18	4	6
6	Кинетика электродных процессов.	41	27	12
6.1	<i>Перенапряжение диффузии</i>	8	11	4
6.2	<i>Электрохимическое перенапряжение</i>	21	4	6
6.3	<i>Химическое (реакционное) перенапряжение</i>	4	-	2
6.4	<i>Теоретическое описание реальных процессов</i>	8	12	-
7	Электроосаждение металлов и электрокристаллизация.	6	8	2
8	Электрохимическая коррозия и пассивность металлов.	4	8	2
	ИТОГО	102	86	50
		Аудиторные 238		

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. ВВЕДЕНИЕ

Предмет и содержание электрохимии. Теоретическая электрохимия и электрохимическая технология. Отличие электрохимических процессов от химических. Понятие об электрохимической системе. Составные части и возможные состояния электрохимической системы. Краткий очерк развития электрохимии. Основные области применения электрохимии и перспективы ее развития. Роль электрохимии в решении проблемы рационального использования энергетических и сырьевых ресурсов и в охране окружающей среды.

2. Процессы переноса в электрохимических системах

Удельная и эквивалентная электропроводности электролитов. Эквивалентная электропроводность при бесконечном разбавлении, закон независимого движения ионов, электрическая подвижность ионов, числа переноса. Экспериментальное определение скоростей движения ионов. Влияние температуры, вязкости и концентрации электролита на подвижность ионов. Влияние природы растворителя на электропроводность. Аномальные электропроводности ионов гидроксония и гидроксил-ионов. Аномальная электропроводность в неводных растворах. Электропроводность ионных расплавов и электролитов. Ионные сверхпроводники.

Теории электропроводности электролитов. Классическая теория электрической проводимости. Межионное взаимодействие, основы теории Дебая-Гюккеля. Ионная атмосфера, время релаксации ионной атмосферы. Электрофоретический и релаксационный эффекты, формула эквивалентной электропроводности. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена. Ассоциация ионов. Кинетическая теория электрической проводимости электролитов.

Диффузия в растворах электролитов. Законы молекулярной диффузии. Коэффициенты диффузии отдельных ионов и электролита в целом. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Термодинамическая трактовка диффузионного потенциала. Теория Планка и Гендерсона. Методы измерения и элиминирования диффузионного потенциала.

3. Метод активности

Активность и коэффициент активности, способы их выражения. Активность электролитов. Зависимость коэффициентов активности от ионной силы растворов. Расчет коэффициентов активности из теории Дебая-Гюккеля. Активности в разбавленных и концентрированных растворах электролитов. Способы измерения коэффициентов активности.

4. Термодинамика электрохимических систем

Термодинамически обратимые и необратимые электрохимические системы. Термодинамическая формула для равновесного электродного потенциала. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах

Механизм возникновения ЭДС. Скачки потенциала на границах раздела между фазами. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы, связь между ними. Электрохимический потенциал. Гальвани и Вольта потенциалы. Выражение для ЭДС через Гальвани и Вольта потенциалы. Установление равновесия между металлом и раствором. Проблема абсолютного скачка потенциала.

Потенциалы отдельных электродов в относительной шкале. Стандартные потенциалы. Зависимость равновесного потенциала от различных факторов. Электроды сравнения. Стекланный электрод. Ионоселективные электроды, основные закономерности их работы.

Классификация электрохимических систем. Системы с химической реакцией, аллотропные, гравитационные и концентрационные.

5. Двойной электрический слой

Адсорбция на границе раздела фаз, уравнение Гиббса. Пограничное натяжение и поверхностная работа. Образование двойного электрического слоя. Потенциал нулевого заряда. неполяризуемые и идеально поляризуемые электроды.

Методы изучения строения двойного электрического слоя. Адсорбционный метод. Электрокапиллярный метод. Основное уравнение электрокапиллярности. Определение адсорбции катионов и анионов из электрокапиллярных измерений. Уравнение Липпмана. Электрокапиллярные кривые в растворах поверхностно-неактивных и поверхностно-активных электролитов, в присутствии молекулярных поверхностно-активных веществ. Измерение краевого угла смачивания, поверхностной твердости и их зависимость от потенциала. Измерение эстанса.

Емкость двойного электрического слоя, поляризационная емкость, емкость реакции. Методы измерения. Дифференциальная и интегральная емкость, соотношение между ними, способы измерения и вычисления. Связь между емкостью и пограничным натяжением. Определение потенциала незаряженной поверхности из емкостных измерений. Построение капиллярных кривых из емкостных измерений, определение адсорбции.

Кривые заряжения. Способы снятия кривых заряжения, интерпретация результатов. Определение количества адсорбированного водорода из кривых заряжения. Адсорбция атомов кислорода на поверхности платинированного платинового электрода. Определение адсорбции из циклических **потенцио-**

динамических измерений. Потенциалы нулевого заряда, методы их измерения, значение этих величин в прикладной электрохимии.

Теории строения двойного электрического слоя. Теория Гельмгольца, основные соотношения (зависимость плотности заряда и поверхностного натяжения от потенциала). Теория диффузионного слоя Гуи-Чапмена. Толщина диффузионного слоя, ее зависимость от концентрации, распределение потенциала в диффузионном слое. Теория Штерна и уточнения Грэма. Роль пси-потенциала в кинетике электродных процессов, его зависимость от потенциала электрода и концентрации электролита.

6. Кинетика электродных процессов

6.1 Перенапряжение диффузии. Явления, наблюдаемые при прохождении электрического тока через границу электрод-раствор. Химическое действие электрического тока, поляризация электрода. Законы Фарадея как следствие самой природы электрохимических систем. Электрохимические эквиваленты. Вторичные и побочные процессы при электролизе. Выход по току. Причины отклонений от закона Фарадея. Скорость электрохимического превращения. Понятие о перенапряжении. Виды перенапряжений. Стадии электродного процесса и их характеристика, замедленная (лимитирующая) стадия электродного процесса. Зависимость скорости электрохимического превращения от потенциала.

Перенапряжение диффузии. Доставка вещества к поверхности электрода диффузией, конвекцией и миграцией. Коэффициенты диффузии, зависимость от состава электролита. Диффузионный слой. Основные уравнения диффузионной кинетики. Уравнения концентрационной поляризации без учета конвекции и миграции. Концентрационная поляризация при образовании амальгам. Влияние миграции при разряде катионов и анионов. Роль перемешивания в диффузионных процессах. Теория конвективной диффузии. Теория диффузионного перенапряжения на вращающемся дисковом электроде. Дискковый электрод с кольцом, исследование промежуточных продуктов с помощью электрода с кольцом. Способы снижения концентрационной поляризации в промышленных электролизерах.

6.2 Электрохимическое перенапряжение. Основные закономерности стадии разряда-ионизации. Потенциальные кривые. Вывод уравнений поляризационной кривой. Соотношение Бренстеда-Поляни-Семенова. Уравнение поляризационной кривой без учета специфической адсорбции и пси-потенциала. Уравнение поляризационной кривой при малых перенапряжениях. Высокие перенапряжения, уравнение Тафеля. Ток обмена, коэффициент переноса. Учет пси-потенциала, исправленные тафелевские зависимости. Определение токов обмена и коэффициентов переноса. Уравнение Фрумки-

на. Стадийные электродные реакции. Вывод уравнений при многостадийном электродном процессе, кажущиеся коэффициенты переноса. Стехиометрическое число электродной реакции. Представление о порядке электрохимической реакции. Основные закономерности смешанной кинетики. Учет изменения концентрации у поверхности электрода в кинетических уравнениях. Вывод уравнений поляризационной кривой при малых, средних и высоких перенапряжениях с учетом предельных токов диффузии. Влияние температуры на скорость электродных реакций, энергия активации. Влияние состава раствора и природы растворителя на скорость электрохимических реакций.

6.3 Химическое (реакционное) перенапряжение. Роль гомогенных и гетерогенных химических реакций в электрохимических процессах. Электрохимические реакции с замедленной гомогенной химической реакцией. Реакционный слой. Уравнения реакционного перенапряжения, предельная реакционная плотность тока. Расчет констант скоростей и констант химических реакций по электрохимическим измерениям. Электрохимические реакции в условиях медленной гетерогенной химической реакции.

Наложение диффузионного перенапряжения на электрохимическое. Наложение химического перенапряжения на электрохимическое.

6.4 Теоретическое описание реальных процессов. Кинетика катодного выделения водорода. Перенапряжение выделения водорода. Теория замедленного разряда, замедленной рекомбинации и электрохимической десорбции. Влияние материала электрода, pH и состава раствора на перенапряжение выделения водорода. Сопоставление теоретических закономерностей с экспериментальными данными. Безбарьерный разряд при выделении водорода. Основные закономерности безбарьерных и безактивационных процессов. Основные положения теории элементарного акта разряда.

Кинетика анодного выделения кислорода, многостадийность и селективность процесса. Возможные механизмы, опытные данные.

Электрохимическое восстановление кислорода. Многостадийность процесса восстановления. Механизм восстановления кислорода на ртутном электроде до пероксида водорода. Восстановление пероксида водорода. Зависимость скорости реакции от pH раствора. Диаграмма термодинамической устойчивости воды.

Электровосстановление анионов. Зависимость скорости разряда анионов от концентрации и природы фона. Влияние природы электрода на скорость разряда анионов.

Электрохимическое восстановление и окисление органических соединений. Влияние материала электрода на скорость восстановления и выход продуктов. Возможные механизмы процессов электровосстановления и электроокисления. Замедленные стадии, основные кинетические соотношения.

Особенности электрохимических процессов на поверхности полупроводниковых материалов.

7. Электроосаждение металлов и электрокристаллизация

Основные закономерности электрохимического выделения и растворения металлов. Выделение и ионизация металлов на жидком катоде, влияние поверхностно-активных веществ и состава электролита на скорость реакции разряда-ионизации металлов на жидком катоде.

Кристаллизация металла на одноименной подложке, образование кристаллических нитей и их рост. Возникновение металлической фазы в процессе электроосаждения на инородной подложке. Основные кинетические закономерности при выделении твердых металлов, влияние поверхностно-активных веществ на кинетику процесса и структуру осадков.

Образование электролитических сплавов. Теория совместного разряда ионов основного металла и примесей при разных лимитирующих стадиях разряда обоих компонентов. Совместный разряд ионов двух металлов с неизмеримыми скоростями. Электрокристаллизация и структура сплавов.

8. Электрохимическая коррозия и пассивность металлов

Основные закономерности анодного растворения металлов в области активного растворения. Пассивация, причины пассивации. Пленочная адсорбционная теория пассивности. Адсорбционно-электрохимический механизм пассивации. Влияние состава раствора и скорости растворения металла на его пассивацию, солевая пассивация.

Электрохимическая теория коррозии металлов. Сопряженные электрохимические реакции. Стационарный потенциал. Ток коррозии. Роль диффузии кислорода в процессе коррозии. Коррозия чистых и технических металлов. Механизм действия ингибиторов коррозии.

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Примерная тематика практических занятий

1. Законы Фарадея. Электрохимический эквивалент. Выход по току и по веществу. Химическое действие электрического тока.
2. Процессы переноса в электрохимических системах. Ионная проводимость сред.
3. Электропроводность растворов электролитов.
4. Числа переноса ионного компонента. Электрическая и ионная подвижность. Закон независимого движения ионов.
5. Теории электрической проводимости электролитов.
6. Диффузия в растворах электролитов.
7. Диффузионный потенциал, схема появления диффузионного потенциала.
8. Электрическая проводимость водных и неводных растворов электролитов.
9. Коэффициент диффузии ионов, эффективный коэффициент диффузии электролита.
10. Электрохимические системы в равновесном состоянии. Уравнение Нернста. Потенциалы электродов в относительной шкале. Температурная зависимость электродного потенциала.
11. Электроды первого, второго и третьего рода. Амальгамные электроды. Правило Лютера.
12. Стекланный электрод.
13. ЭДС электрохимических цепей. Определение констант равновесия окислительно-восстановительных реакций с использованием значений стандартных потенциалов.
14. Мембранный потенциал.
15. Электрокапиллярные явления. Емкость двойного электрического слоя.
16. Теории строения двойного электрического слоя. Влияние психипотенциала на строение ДЭС.
17. Диффузионная кинетика. Предельный диффузионный ток.
18. Перенапряжение диффузии с учетом миграционного переноса вещества - основные количественные соотношения.
19. Электрохимическая кинетика. Коэффициент переноса, плотность тока обмена, порядок электрохимической реакции, стехиометрическое число.
20. Поляризационные кривые в координатах потенциал-логарифм плотности тока.

21. Учет строения ДЭС в теории электрохимического перенапряжения.
22. Стадийность электрохимического акта
23. Природа элементарного электрохимического акта.
24. Основные закономерности смешанной кинетики.
25. Электрохимические реакции с замедленной стадией химического превращения.
26. Общая характеристика фазового перенапряжения.
27. Кинетические закономерности совмещенных электродных реакций.

4.2 Примерная тематика лабораторных занятий.

1. Определение выхода по току основного продукта электродной реакции и удельного расхода электроэнергии.
2. Электровесовой метод анализа.
3. Кулонометрический метод анализа.
4. Определение растворимости труднорастворимых соединений.
5. Определение константы диссоциации слабой кислоты.
6. Концентрационная зависимость электропроводности электролитов различного типа.
7. Определение температурного коэффициента электрической проводимости растворов электролитов
8. Кондуктометрическое титрование
9. Определение чисел переноса ионов методом Гитторфа в растворах электролитов.
10. Определение стандартного окислительно-восстановительного потенциала электрода и константы равновесия между окисленной и восстановленной формами вещества.
11. Определение константы нестойкости комплексных ионов металлов.
12. Определение температурного коэффициента ЭДС гальванического элемента и расчет основных термодинамических величин.
13. Определение стандартной э. д. с. цепи без переноса с цинковым и хлорсеребряным электродом.
14. Определение растворимости и произведения растворимости труднорастворимых соединений методом измерения э. д. с.
15. Изучение кинетики электрохимических реакций температурно-кинетическим методом.
16. Концентрационная поляризация при электровосстановлении катионов металлов.

17. Кинетические закономерности катодного выделения водорода.
18. Анодное выделение кислорода.
19. Исследование кинетики совместного разряда катионов металла и водорода.
20. Изучение закономерностей нестационарной диффузии хронопотенциометрическим методом
21. Изучение влияния поверхностно-активных веществ на электроосаждение металлов
22. Исследование кинетики восстановления салицилатных комплексов железа (III) на платиновом электроде
23. Анодное растворение и пассивность металлов
24. Исследование процессов пассивирования металлов с использованием метода кривых спада потенциала.
25. Определение истинной поверхности платинового электрода и количества адсорбированного водорода методом кривых заряжения.
26. Определение адсорбции молекул и ионов поверхностно-активных веществ методом снятия электрокапиллярных кривых.

4.3 Критерии оценок результатов учебной деятельности студентов

Типовым учебным планом специальности 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств» в качестве формы итогового контроля по дисциплине «Теоретическая электрохимия» рекомендованы экзамен и зачет. Оценку учебных достижений студента рекомендуется осуществлять на экзаменах и зачете и производить по десятибалльной шкале.

Баллы, показатели и оценки

1 (один) - отсутствие знаний и компетентности в рамках дисциплины; отказ от ответа.

2 (два) - фрагментарные знания в рамках дисциплины; знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых ошибок; пассивность на практических занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

3 (три) - недостаточно полный объем знаний в рамках дисциплины; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач; неумение ориентироваться в основных теориях, методах и направлениях дисциплины; пассивность на практических занятиях; низкий уровень культуры исполнения заданий.

4 (четыре) - минимально достаточный объем знаний в рамках дисциплины; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач; умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи; умение ориентироваться в основных теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им оценку; работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

5 (пять) - достаточные знания в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им сравнительную оценку; самостоятельная работа на практических занятиях, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

6 (шесть) - достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточно высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 (семь) - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, ме-

тодах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку; самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 (восемь) - систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку; активная самостоятельная работа на практических занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 (девять) - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; точное использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку; систематическая, активная самостоятельная работа на практических занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

10 (десять) - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы; точное использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных задач; выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации; полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы по учебной дисциплине; умение свободно ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин; самостоятельная творческая работа на практических занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4.4 Перечень рекомендуемых средств диагностики.

Для контроля знаний и умений студентов по дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- проведение коллоквиума;
- письменные контрольные работы;
- устный опрос во время лабораторных занятий и практических занятий;
- защита лабораторных работ;
- защита выполненных на лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- критериально-ориентированные тесты по отдельным разделам дисциплины;
- проведение текущих опросов по отдельным разделам дисциплины;
- защита рефератов по отдельным разделам дисциплины с использованием монографической и периодической литературы;
- выступление студента по тематике научных исследований в области электрохимии;
- зачет;
- экзамен.

4.5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Л.И.Антропов. Теоретическая электрохимия. М.: Высшая школа, 1984г.
2. А.Л. Ротинян, К.И.Тихонов, И.А.Шошина., Теоретическая электрохимия.- Л.:Высшая школа, 1981г.
3. В.В.Скорчелетти. Теоретическая электрохимия, М.: Высшая школа, 1976г.
4. Б.Б.Дамаскин, О.А.Петрий. Электрохимия.-М.: Высшая школа, 1987 г.
5. Б.Б.Дамаскин, О.А.Петрий. Введение в электрохимическую кинетику.- М.:Высшая школа, 1983 г.
6. Практикум по электрохимии /Под редакцией Б.Б.Дамаскина.-М.: Высшая школа, 1991 г.
7. Б.Б.Дамаскин, О.А.Петрий., Г.А.Цирлина. Электрохимия. - М.:Химия, 2001 г.
8. Сборник задач по теоретической электрохимии: учеб.- метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств» / Н. Л. Смоляг, А. А. Черник, И. М. Жарский. – Минск: БГТУ, 2008. – 120 с.

Дополнительная

9. И.Корыта, И.Дворжак, В.Богачкова. Электрохимия.-М.: Мир, 1977 г.
10. В.С. Багоцкий. Основы электрохимии.- Л.: Химия, 1988 г.
11. А.Н.Фрумкин. Избранные труды. Электродные процессы.- М.:Наука.1987г.
12. Г. П.Дудчик, И.М.Жарский. Равновесная электрохимия. Электроды и гальванические элементы .-М.:БГТУ,2000 г.
13. Г.К.Феттер Электрохимическая кинетика.- М.: Химия, 1967 г.
14. П. Делахей. Двойной слой и кинетика электродных процессов.- М.:Мир, 1967 г.
15. З. Галюс. Теоретические основы электрохимического анализа. М.: Мир, 1974.
16. А.Н.Фрумкин, Б.Б.Дамаскин. Адсорбция органических соединений на электродах. -М.: Мир, 1967 г.
17. Б.Б.Дамаскин. Принципы современных методов изучения электрохимических реакций.- Издательство МГУ, 1965 г.
18. Методы измерения в электрохимии, т.1 и 2 / Под ред. Э.Егера и А.Залкинда.-М.: Мир, 1977 г.

19. V. S. Bagotsky. Fundamentals of electrochemistry. —2nd ed. -John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. New Jersey. 2005
20. Scanning Electrochemical microscopy /Edited by Allen J. Bard, Michael V.Mirkin. -Marcel Dekker, Inc. 2001
21. Laboratory techniques in electroanalytical chemistry / edited by Peter T. Kissinger, William R. Heineman. — 2nd ed., rev. and expanded. -Marcel Dekker, Inc. 1996
22. The CRC handbook of solid state electrochemistry / Edited by P.J. Gellings, H.J.M. Bouwmeester. 1996
23. John O'M. Bockris, Amulya K. N. Reddy. Modern electrochemistry. Volume 1 «Ionics». Second edition. -Kluwer Academic Publishers. 1998
24. John O'M. Bockris, Amulya K. N. Reddy, Maria Gamboa-Aldeco. Modern electrochemistry. Volume 2a «Fundamentals of electrodictics». Second edition. - Kluwer Academic Publishers. 2000
25. Comprehensive chemical kinetics. Volume 29 «New techniques for the study of electrodes and their reactions» /Edited by R.G. Compton, A. Hamnett. -Elsevier. 1989