

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе БГТУ

_____ А.С. Федоренчик

Регистрационный № УД-_____/р.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ
Учебная программа для специальности
1-48 01 04 Технология электрохимических производств

Факультет	<u>ХТиГ</u>		
Кафедра	<u>Х,ТЭХПиМЭТ</u>		
Курс	<u>3</u>		
Семестры	<u>5,6</u>		
Лекции	<u>102</u> (количество часов)	Экзамен	<u>5,6</u> (семестр)
Практические (семинарские) занятия	<u>50</u> (количество часов)	Зачет	<u>5,6</u> (семестр)
Лабораторные занятия	<u>86</u> (количество часов)		
Всего аудиторных часов по дисциплине	<u>238</u> (количество часов)		
Всего часов по дисциплине	<u>442</u> (количество часов)	Форма получения высшего образования	<u>очная</u>

2009 г.

Учебная программа составлена на основе типовой программы «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ», утвержденной _____, регистрационный номер _____

Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» 16.06.2009, протокол №8.

Заведующий кафедрой

(подпись) И. М. Жарский
(И.О.Фамилия)

Составитель

(подпись) А. А. Черник
(И.О.Фамилия)

Одобрена и рекомендована к утверждению методической комиссией факультета

(дата, номер протокола)

Председатель

(подпись) И. В. Пищ
(И.О.Фамилия)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

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

«Теоретическая электрохимия» занимает особое место при 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».

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.

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.

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:

	5 семестр	6 семестр
лекций	51	51
лабораторных	43	43
практических	34	16

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ
«Теоретическая электрохимия»

№	Названия тем	Количество аудиторных часов			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	Введение в дисциплину «Теоретическая электрохимия»	2			2
2	Понятие об электрохимической системе.	2	2		4
3	Химическое действие электрического тока.	2	4	8	14
4	Процессы переноса в электрохимических системах.	2	2	4	8
5	Ионная проводимость сред.	2			2
6	Электрическая проводимость водных и неводных растворов электролитов.	4	2	8	14
7	Теории электрической проводимости электролитов.	4		4	8
8	Диффузия в растворах электролитов.	2	2		4
9	Диффузионный потенциал, схема появления диффузионного потенциала.	2	4	4	10
10	Механизм возникновения ЭДС.	4	2	8	14
11	Классификация электродов.	2	4	7	13
12	Мембранный потенциал.	2	4		6
13	Адсорбция на границе раздела фаз.	2	2		4
14	Методы изучения строения ДЭС. Электрокапиллярные кривые.	4	2		6
15	Электрокапиллярные кривые на твердых электродах.	2			2
16	Определение понятий потенциал нулевого заряда, нулевая точка металла.	2			2
17	Емкость двойного электрического слоя (ДЭС).	4	2		6
18	Теории строения двойного электрического слоя.	5	2		7
19	Влияние пси-потенциала на строение ДЭС.	2			2
20	Кинетика электродных процессов. Механизм электродной реакции.	2			2
21	Поляризационная кривая процесса.	2			2
22	Массоперенос вещества к поверхности электрода.	2	2	4	8
23	Решение уравнений диффузионной кинетики для условий стационарной диффузии.	2			2
24	Перенапряжение диффузии с учетом миграционного переноса вещества - основные количественные соотношения.	4	2	7	13

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
25	Перенапряжение электрохимической стадии.	4	2		6
26	Поляризационные кривые в координатах потенциал-логарифм плотности тока.	2	2		4
27	Учет строения ДЭС в теории электрохимического перенапряжения.	2			2
28	Стадийность электрохимического акта	6	2		8
29	Природа элементарного электрохимического акта.	4		4	8
30	Основные закономерности смешанной кинетики.	2	2		4
31	Общая характеристика реакционного (химического) перенапряжения.	4	2		6
32	Общая характеристика фазового перенапряжения.	4		4	8
33	Кинетические закономерности совмещенных электродных реакций.	2	2	4	8
34	Кинетика электролитического выделения водорода.	2		4	6
35	Анодное образование кислорода.	2		8	10
36	Основные закономерности электровосстановления кислорода.	2			2
37	Электровосстановление и электроокисление органических веществ.	2			2
38	Роль адсорбционных явлений при электрохимических окислительно-восстановительных процессах.	1		8	9
	Итого количество часов	102	50	86	238

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
Учебно-методическая карта

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия	управляемая самостоятельная-ная работа студента			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
5 семестр								
1	Введение в дисциплину «Теоретическая электрохимия» 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			2	Компьютерная презентация №1	[1-8]	Контрольная работа №1.
2	Понятие об электрохимической системе. Определение электрохимической системы. Составные части электрохимической системы: анод, катод, электролит. Возможные состояния электрохимической системы. Электрохимическая система как электролизер и как химический источник тока. Правильно разомкнутая электрохимическая система. Термодинамически обратимые и необратимые электрохимические системы. Правила записи электрохимических систем.	2	2		2	Компьютерная презентация №2	[1-8], [13]	Контрольная работа №1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Химическое действие электрического тока. Основные анодные и катодные процессы при электролизе. Законы Фарадея как следствие самой природы электрохимических систем. Постоянная Фарадея. Электрохимические эквиваленты. Вторичные и побочные процессы при электролизе. Выход по току. Причины отклонений от закона Фарадея. Кулонометры- электрогравиметрические, объемные, титрационные.	2	4	8	2	Компьютерная презентация №3. Кулонометры, источники тока. Весы.	[1-8]	Контрольная работа №1. Защита отчета по лаб.
4	Процессы переноса в электрохимических системах. Поток вещества. Миграционный, диффузионный, конвективный и термодиффузионный перенос вещества к границе раздела фаз. Электрическая проводимость. Удельная и эквивалентная электрическая проводимость, связь между ними. Электронная проводимость металлов и полупроводников. Квантовомеханическая модель электрода. Изоляторы.	2	2	4	2	Компьютерная презентация №4 Кондуктометры, мосты переменного тока	[1-8] [13]	Контрольная работа №2. Защита отчета по лаб.
5	Ионная проводимость сред. Униполярная и биполярная проводимость. Число переноса. Твердые электролиты. Типы дефектов кристаллической решетки. Ионные сверхпроводники. Электрическая проводимость расплавленных сред.	2			2	Компьютерная презентация №5	[1-8]	Контрольная работа №2.
6	Электрическая проводимость водных и неводных растворов электролитов. Влияние температуры, вязкости и концентрации электролита на подвижность иона .Связь между электрической и ионной подвижностью иона. Закон независимого движения ионов. Число переноса ионного компонента. Способы определения чисел переноса. Метод Гитторфа, метод перемещающейся границы, метод измерения ЭДС цепей с переносом, метод Уошборна. Способы определения и расчета удельной и эквивалентной электрической проводимости растворов.	4	2	8	4	Компьютерная презентация №6. Кондуктометры, мосты переменного тока. Вольтметры, электроды сравнения.	[1-8]	Контрольная работа №2. Защита отчета по лаб.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Теории электрической проводимости электролитов. Простая гидродинамическая теория. Стоксов радиус иона. Правило Вальдена-Писаржевского. Межионное взаимодействие, основы теории Дебая-Гюккеля-Онзагера. Ионная атмосфера, радиус ионной атмосферы, время релаксации. Электрофоретический и релаксационный эффекты. Зависимость чисел переноса ионов от концентрации и температуры в рамках теории Дебая-Гюккеля-Онзагера. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена. Ассоциация ионов. Кинетическая теория электрической проводимости растворов	4		4	4	Компьютерная презентация №7. Источник тока, вольтметр, аналитические весы, термостат.	[1-8]	Контрольная работа №2. Защита отчета по лаб.
8	Диффузия в растворах электролитов. Движущая сила процесса диффузии. Законы молекулярной диффузии – первый и второй законы Фика. Коэффициент диффузии иона в водном растворе. «Эффективный» коэффициент диффузии электролита. Связь коэффициента диффузии с электрической и ионной подвижностями ионов-уравнение Нернста-Эйнштейна и Эйнштейна-Смолуховского.	2	2		2	Компьютерная презентация №8	[1-8] [13]	Контрольная работа №2.
9	Диффузионный потенциал, схема появления диффузионного потенциала. Термодинамическая трактовка диффузионного потенциала. Расчет значения диффузионного потенциала для различного рода границ раздела: растворы с одним общим ионом, растворы разной концентрации. Методы экспериментального измерения диффузионного потенциала, способы устранения (элиминирования) диффузионного потенциала.	2	4	4	2	Компьютерная презентация №9. Электроды сравнения, вольтметр, термостат.	[1-8] [13]	Контрольная работа №2. Защита отчета по лаб.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	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. Проблема абсолютного скачка потенциала-цикл Феттера. Теория возникновения скачка потенциала Писаржевского-Изгарышева. Потенциалы отдельных электродов в относительной шкале. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах. Равновесный потенциал электрода. Компромиссный (бестоковый) потенциал. Стандартный потенциал. Зависимость равновесного потенциала от различных факторов. Электроды сравнения.	4	2	8	4	Компьютерная презентация №10. Электроды сравнения, вольтметр, термостат.	[1-8] [13]	Контрольная работа №3. Защита отчета по лаб.
11	Классификация электродов. Электроды 1 рода. Влияние состава материала электрода и состава раствора на величину равновесного потенциала. Стандартный потенциал как периодическая функция атомного номера элемента. Электроды 2 и 3 рода. Окислительно-восстановительные электроды. Правило Лютера. Газовые электроды. Влияние температуры на электродный потенциал. Изотермический и термический температурный коэффициент электродного потенциала.	2	4	7	2	Компьютерная презентация №11. Электроды сравнения, вольтметр, термостат.	[1-8] [13]	Контрольная работа №3. Защита отчета по лаб.
12	Мембранный потенциал. Представление о возникновении потенциала Доннана на полупроницаемых мембранах и ионообменных поверхностях. Уравнение для расчета мембранного потенциала. Стекланный электрод, основные закономерности работы. Ионоселективные электроды с твердой и жидкой мембраной.	2	4		2	Компьютерная презентация №12	[1-8] [13]	Контрольная работа №3.
13	Адсорбция на границе раздела фаз. Уравнение Гиббса Пограничное натяжение и поверхностная работа. Адсорбция и поверхностная концентрация. Образование двойного электрического слоя. Плотность заряда поверхности Потенциал нулевого заряда. неполяризуемые и идеально поляризуемые электроды.	2	2		2	Компьютерная презентация №13	[1-8]	Контрольная работа №4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Методы изучения строения ДЭС. Электрокапиллярные кривые. Электрокапиллярный метод изучения строения двойного электрического слоя. Капиллярный электрометр. Качественная интерпретация электрокапиллярных кривых. Основное уравнение электрокапиллярности. Определение адсорбции катионов и анионов из электрокапиллярных измерений. Влияние состава раствора на ход электрокапиллярных кривых. Зависимость адсорбции катионов и анионов от потенциала электрода, присутствия в растворе поверхностно-активных анионов, катионов, молекулярных веществ.	4	2		4	Компьютерная презентация №14	[1-8]	Контрольная работа №4.
15	Электрокапиллярные кривые на твердых электродах. Соотношение Неймана (закон Юнга). Краевой угол смачивания. Влияние потенциала электрода, состава раствора на смачиваемость поверхности.	2			2	Компьютерная презентация №15	[1-8]	Контрольная работа №4.
16	Определение понятий потенциал нулевого заряда, нулевая точка металла. Абсолютная шкала потенциалов Оствальда. Приведенная шкала потенциалов по Антропову. Рациональная шкала потенциалов Грэма.	2			2	Компьютерная презентация №16	[1-8]	Контрольная работа №4.
17	Емкость двойного электрического слоя (ДЭС). Общая поляризационная емкость ДЭС. Методы измерения емкости ДЭС. Сущность переменного метода определения емкости ДЭС. Дифференциальная и интегральная емкость ДЭС, соотношение между ними. Влияние ионного состава раствора на измерение емкости ДЭС. Анализ зависимости емкости ДЭС от потенциала электрода в растворах с ПАВ и ПНАВ неорганического и органического происхождения.	4	2		4	Компьютерная презентация №17	[1-8]	Контрольная работа №4.

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
18	<p>Теории строения двойного электрического слоя. Теория Гельмгольца, основные соотношения (зависимость плотности заряда и поверхностного натяжения от потенциала, оценка емкости ДЭС, толщины ДЭС). Недостатки теории строения ДЭС по Гельмгольцу.</p> <p>Теория диффузионного слоя Гуи-Чапмена. Основные соотношения диффузионной теории строения ДЭС. Толщина диффузионного слоя, ее зависимость от концентрации и температуры, распределение потенциала в диффузном слое. Несоответствие теории строения ДЭС Гуи-Чапмена практическим данным.</p> <p>Адсорбционная теория строения ДЭС Штерна. Потенциал специфической адсорбции. Плотная и диффузная части ДЭС. Уточнения Грэма в теории строения ДЭС.</p>	5	2		6	Компьютерная презентация №18	[1-8]	Контрольная работа №4.
19	<p>Влияние пси-потенциала на строение ДЭС. Роль пси-потенциала в кинетике электродных процессов, его зависимость от потенциала электрода, заряда поверхности электрода, концентрации электролита. Основные количественные соотношения</p>	2			2	Компьютерная презентация №19	[1-8]	Контрольная работа №4.
Количество часов в 5 семестре		51	34	43	52			
6 семестр								
20	<p>Кинетика электродных процессов. Механизм электродной реакции. Скорость протекания электрохимических реакций. Компромиссный потенциал электрода. Поляризация электрода. ЭДС поляризации. Напряжение разложения. Стадии электродного процесса (на примере различных реакций - выделение металла, образование газообразных продуктов электролиза, разряд из комплексных электролитов). Лимитирующая стадия электродного процесса. Лимитирующая стадия при протекании нескольких параллельных электродных реакций. Понятие о перенапряжении электродной реакции. Виды перенапряжений</p>	2			2	Компьютерная презентация №20	[1-8]	Контрольная работа №5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	Поляризационная кривая процесса. Анализ поляризационных кривых в общем виде. Поляризационная кривая при протекании нескольких параллельных электрохимических реакций. Общие методы получения поляризационных кривых- гальваностатический, потенциостатический, гальванодинамический, потенциодинамический.	2			2	Компьютерная презентация №21		Контрольная работа №5.
22	Массоперенос вещества к поверхности электрода. Диффузионный перенос вещества. Понятие о диффузионном перенапряжении. Общее уравнение для расчета диффузионного перенапряжения. Диффузионный слой. Толщина диффузионного слоя, влияние геометрии электрохимической системы на толщину диффузионного слоя. Основные уравнения диффузионной кинетики. Совместное решение основных уравнений диффузионной кинетики.	2	2	4	2	Компьютерная презентация №22. Потенциостат, электроды сравнения, электродная ячейка.		Контрольная работа №5. Защита отчета по лаб.
23	Решение уравнений диффузионной кинетики для условий стационарной диффузии. Условия стационарности электродного процесса. Диффузионный ток предельный диффузионный ток. Диффузионное перенапряжение при катодном осаждении металла. Диффузионное перенапряжение при анодном течении электродной реакции. Причины вызывающие появление площадки предельного тока на поляризационных кривых при анодном растворении металла.	2			2	Компьютерная презентация №23		Контрольная работа №5.
24	Перенапряжение диффузии с учетом миграционного переноса вещества - основные количественные соотношения. Кинетические уравнения для диффузионного перенапряжения при протекании окислительно-восстановительных реакций Потенциал полуволны. Влияние содержания окисленной и восстановленной формы на ход поляризационных зависимостей. Способы снижения концентрационной поляризации при протекании электродных реакций. Теория конвективной диффузии. Слой Прандтля. Основные соотношения для некоторых практически важных случаев (гальванотехника, работа источников тока). Вращающийся дисковый электрод и вращающийся дисковый электрод с кольцом - применимость при изучении кинетики электродных реакций.	4	2	7	4	Компьютерная презентация №24. Потенциостат, электроды сравнения, электродная ячейка, самописец, вращающийся дисковый электрод.		Контрольная работа №5. Защита отчета по лаб.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	<p>Перенапряжение электрохимической стадии. Исторические этапы развития теории замедленного переноса заряда. Основы теории электрохимического перенапряжения. Основные предпосылки. Учет соотношения Бренстеда в кинетике электродных реакций. Ток обмена. Коэффициент переноса. Результирующая скорость электродной реакции. Общее уравнение поляризационной кривой при замедленности стадии переноса заряда- уравнение Фольмера. Решение уравнения Фольмера для равновесных условий, области низких и больших перенапряжений. Уравнение Тафеля. Физический смысл констант уравнения Тафеля. Определение кинетических характеристик электродных реакций на основе анализа поляризационных зависимостей. Зависимость потенциал логарифм плотности тока для разряда катионов металла- определение равновесного потенциала и плотности тока обмена реакции.</p>	4	2		4	Компьютерная презентация №25		Контрольная работа №6.
26	<p>Поляризационные кривые в координатах потенциал-логарифм плотности тока. Зависимость потенциал— логарифм плотности тока для процесса разряда катионов металла- определение равновесного потенциала и плотности тока обмена реакции. Поляризационные характеристики при электрохимическом перенапряжении в координатах Есина-Маркова.</p>	2	2		2	Компьютерная презентация №26		Контрольная работа №6.
27	<p>Учет строения ДЭС в теории электрохимического перенапряжения. Основные допущения. Влияние пси-потенциала на кинетику электродных реакций при замедленности электрохимической стадии. Решение уравнений применительно к процессу катодного образования водорода и для общего случая протекания окислительно-восстановительной реакции. Решение уравнения с учетом строения ДЭС применительно к равновесным условиям.</p>	2			2	Компьютерная презентация №27		Контрольная работа №6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	Стадийность электрохимического акта Основные кинетические соотношения для двухэлектронной реакции. Критерии стадийного протекания электродной реакции. Стадийные электродные реакции с переносом Z электронов. Кажущиеся коэффициенты переноса. Установление механизма электродной реакции на основании анализа поляризационных кривых при стадийном протекании процесса. Стадийные электродные реакции с кратным повторением замедленной стадии. Стехиометрическое число электродной реакции. Электрохимические реакции, включающие быстрые химические стадии. Порядок электродной реакции. Определение стехиометрического числа и порядка на основании поляризационных измерений.	6	2		6	Компьютерная презентация №28		Контрольная работа №6.
29	Природа элементарного электрохимического акта. Теория элементарного акта Гориучи-Поляни. Влияние теплового эффекта реакции на энергию активации электродного процесса. Идеальная и реальная энергия активации, связь между ними. Влияние материала электрода и природы растворителя на величину энергии активации. Недочеты теории элементарного акта Гориучи-Поляни. Теория реорганизации растворителя. Безбарьерные и безактивационные электрохимические реакции. Способы определения энергии активации. Зависимость энергии активации от температуры.	4		4	4	Компьютерная презентация №29. Потенциостат, электроды сравнения, электродная ячейка, термостат.		Контрольная работа №6. Защита отчета по лаб.
30	Основные закономерности смешанной кинетики. Учет поверхностной и объемной концентрации реагирующих веществ. Решение уравнений диффузионной кинетики для высокообратимой электрохимической системы и системы с замедленностью диффузионной стадии.	2	2		2	Компьютерная презентация №30		Контрольная работа №6.

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
31	Общая характеристика реакционного (химического) перенапряжения. Понятие о гомогенном и гетерогенном химическом перенапряжении. Реакционное перенапряжение при замедленности гомогенного химического перенапряжения. Предельная плотность тока химической реакции. Анализ поляризационных кривых при замедленном протекании предшествующих и последующих химических реакций в объеме раствора. Толщина реакционного слоя. Реакционное перенапряжение при замедленности гетерогенного химического превращения. Порядок химической реакции.	4	2		4	Компьютерная презентация №31		Контрольная работа №7
32	Общая характеристика фазового перенапряжения. Характеристика фазовых переходов. Основные количественные соотношения фазовых переходов на примере процесса конденсации. Электрохимическое образование новой фазы. Кристаллизационное перенапряжение. Кинетика реакций при электроосаждении металлов на твердых электродах. Возможные механизмы образования кристаллического осадка. Типы кристаллических осадков. Влияние природы металла и состава раствора на кинетические параметры электроосаждения. Влияние pH среды. Электрохимическое восстановление оксидов.	4		4	4	Компьютерная презентация №32. Потенциостат, электроды сравнения, электродная ячейка, аналитические весы.		Контрольная работа №7. Защита отчета по лаб.
33	Кинетические закономерности совмещенных электродных реакций. Принцип независимости протекания совмещенных реакций. Принцип суперпозиции поляризационных кривых. Компромиссный потенциал и компромиссный ток. Уравнение результирующей поляризационной кривой. Поляризационная зависимость при небольших и значительных отклонениях от стационарного потенциала.	2	2	4	2	Компьютерная презентация №33. Потенциостат, электроды сравнения, электродная ячейка, аналитические весы.		Контрольная работа №7. Защита отчета по лаб.

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
34	Кинетика электролитического выделения водорода. Возможные пути и стадии катодного выделения водорода. Влияние материала электрода, состава раствора, температуры на кинетику выделения водорода. Влияние ПАВ на процесс катодного образования водорода.	2		4	2	Компьютерная презентация №34. Потенциостат, электроды сравнения, электродная ячейка, самописец.		Защита отчета по лаб.
35	Анодное образование кислорода. Проблема анодного материала. Влияние состава среды на кинетику образования кислорода. Возможные механизмы выделения кислорода на металлических и углеграфитовых электродах. Влияние состава поверхностных оксидов на кинетические параметры процесса выделения кислорода	2		8	2	Компьютерная презентация №35. Потенциостат, электроды сравнения, электродная ячейка.		Защита отчета по лаб.
36	Основные закономерности электровосстановления кислорода. Механизм реакции в кислой и щелочной среде. Влияние материала электрода на кинетику электровосстановления кислорода. Основные кинетические уравнения, их анализ.	2			2	Компьютерная презентация №36		Защита отчета по лаб.
37	Электровосстановление и электроокисление органических веществ. Понятие о деполяризации электродного процесса. Влияние состава раствора, материала электрода, pH среды на кинетику электровосстановления органических веществ. Возможные стадии процесса электровосстановления. Основные кинетические соотношения. Закономерности электроокисления органических веществ.	2			2	Компьютерная презентация №37		Контрольная работа №8

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
38	Роль адсорбционных явлений при электрохимических окислительно-восстановительных процессах. Эффект Лошкарева. Общие методы подбора ингибиторов коррозии. Анодное растворение и пассивность металлов. Потенциал Фладе. Теории пассивности металлов	1		8	2	Компьютерная презентация №38. Потенциостат, источник тока, электроды сравнения, электродная ячейка.		Контрольная работа №8. Защита отчета по лаб.
	Количество часов в 6 семестре	51	16	43	52			
	Итого количество часов	102	50	86				

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

№ ЛЗ	Тема лабораторного занятия	Кол-во часов	Цели и задачи лабораторного занятия	Формы контроля
1	2	3	4	5
1.	Определение выхода по току основного продукта электродной реакции и удельного расхода электроэнергии	4	Научиться определять выход по току, удельный расход электроэнергии на единицу продукции при катодном осаждении металлов в зависимости от условий электролиза.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
2.	Электровесовой метод анализа	2	Ознакомление с методикой проведения электровесового анализа при постоянном потенциале.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
3.	Кулонометрический метод анализа	2	Изучение кулонометрического метода анализа катионов металлов в электролите.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
4.	Концентрационная зависимость электропроводности электролитов различного типа.	2	Установление зависимости удельной и эквивалентной электропроводности от концентрации электролита	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
5.	Определение температурного коэффициента электрической проводимости растворов электролитов	2	Определение температурных коэффициентов электропроводности растворов сильных электролитов в различных температурных интервалах.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
6.	Определение растворимости труднорастворимых соединений.	4	Изучение метода определения растворимости труднорастворимых солей путем измерения электропроводности	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
7.	Определение константы диссоциации слабой кислоты	4	Определение концентрационной константы диссоциации путем измерения электропроводности растворов слабых электролитов.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.

8.	Кондуктометрическое титрование.	4	Изучение метода установления концентрации растворов кондуктометрическим титрованием	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
9.	Определение чисел переноса методом Гитторфа.	4	Определение чисел переноса ионов Cu^{2+} и SO_4^{2-} в растворе сульфата меди.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
10.	Определение стандартного окислительно-восстановительного потенциала электрода и константы равновесия между окисленной и восстановленной формами вещества	2	Определение окислительно-восстановительных потенциалов системы $(\text{Pt})/\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}$ при различных концентрациях ионов в растворе, нормального (стандартного) окислительно-восстановительного потенциала и константы равновесия реакции $\text{Fe}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
11.	Определение температурной зависимости ЭДС гальванического элемента.	4	Приготовление гальванического элемента и измерение его ЭДС при различных температурах; вычисление температурного коэффициента dE/dT , а также расчет изменения энтальпии, энтропии и изобарно-изотермического потенциала реакции, протекающей в элементе.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
12.	Определение константы нестойкости комплексных ионов металлов	4	Определении константы нестойкости комплексного иона оксалата меди $\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2^{2-}$.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
13.	Определение стандартной э. д. с. цепи без переноса с цинковым и хлорсеребряным электродом	4	Определение экспериментальным путем стандартной ЭДС цепи без переноса, включающей цинковый и хлоридсеребряный электроды.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
14.	Определение растворимости и произведения растворимости труднорастворимых соединений методом измерения э. д. с.	4	Определить растворимость и произведение растворимости хлорида серебра методом измерения ЭДС.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.

15.	Лабораторная работа № 15. Изучение кинетики электрохимических реакций температурно-кинетическим методом	4	Установить природу замедленной стадии электродной реакции путем определения величины эффективной энергии активации в зависимости от области катодного перенапряжения	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
16.	Лабораторная работа № 16. Концентрационная поляризация при электровосстановлении катионов металлов	4	Исследование влияния условий электролиза, плотности тока, температуры, перемешивания раствора и состава электролита на концентрационную поляризацию и величину предельного тока диффузии при разряде ионов меди из ее сернокислой соли.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
17.	Лабораторная работа № 17. Кинетические закономерности катодного выделения водорода	4	Изучить влияние плотности тока, материала катода, температуры, концентрации электролита на катодное перенапряжение выделения водорода. Определить кинетические параметры для реакции катодного образования водорода.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
18.	Лабораторная работа № 18. Анодное выделение кислорода.	4	Определение влияния природы материала электрода, состава и концентрации раствора на перенапряжение выделения кислорода, определение природы замедленной стадии.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
19.	Лабораторная работа №19. Исследование кинетики совместного разряда катионов металла и водорода.	4	Снятие стационарных поляризационных кривых на никелевом катоде; построение парциальных кривых осаждения никеля и выделения водорода; расчет кинетических параметров	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
20.	Лабораторная работа №20. Изучение закономерностей нестационарной диффузии хронопотенциометрическим методом	7	Определение коэффициентов диффузии ионов, суммарного числа электронов катодной реакции и определение природы лимитирующей стадии.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.

21.	Лабораторная работа № 21. Изучение влияния поверхностно-активных веществ на электроосаждение металлов	8	Исследование влияния состава электролита на величину электродной поляризации, структуру катодного осадка; снятие поляризационных кривых; определение выхода по току металла в зависимости от условий электролиза	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
22.	Лабораторная работа № 22. Исследование кинетики восстановления салицилатных комплексов железа (III) на платиновом электроде	4	Определить кинетические параметры процесса восстановления комплексов FeSal_2^- на платиновом электроде методом стационарных поляризационных кривых, сделать заключение о механизме реакции восстановления комплексных ионов.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
23.	Лабораторная работа №23. Анодное растворение и пассивность металлов	4	Изучить влияние анодной поляризации, температуры и состава раствора на процесс пассивирования никелевого анода.	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.
24.	Лабораторная работа № 24 .Исследование процессов пассивирования металлов с использованием метода кривых спада потенциала.	4	Установить механизм и природу пассивирования титана в 6,2 М соляной кислоте после предварительной анодной поляризации в зависимости от присутствия добавок в электролите	Устный и тестовый опросы. Защита отчета по лаб.

Предисловие	
1. Законы электролиза. Прохождение электрического тока в электрохимических системах	
Лабораторная работа № 1. Определение выхода по току основного продукта электродной реакции и удельного расхода электроэнергии	
Лабораторная работа №2. Электровесовой метод анализа	
Лабораторная работа №3. Кулонометрический метод анализа	
2. Электропроводность электролитов. Влияние концентрации, температуры, типа электролита на электропроводность. Методы измерения проводимости растворов	
Лабораторная работа № 4. Концентрационная зависимость электропроводности электролитов различного типа.	
Лабораторная работа № 5. Определение температурного коэффициента электрической проводимости растворов электролитов	
Лабораторная работа № 6. Определение растворимости труднорастворимых соединений.	
Лабораторная работа № 7. Определение константы диссоциации слабой кислоты	
Лабораторная работа № 8. Кондуктометрическое титрование.	
3. Числа переноса ионов в водных растворах. Методы определения чисел переноса	
Лабораторная работа № 9. Определение чисел переноса методом Гитторфа.	
4. Электрохимические системы в равновесном состоянии. Типы электрохимических систем	
Лабораторная работа №10. Определение стандартного окислительно-восстановительного потенциала электрода и константы равновесия между окисленной и восстановленной формами вещества	
Лабораторная работа №11. Определение температурной зависимости ЭДС гальванического элемента.	
Лабораторная работа № 12. Определение константы нестойкости комплексных ионов металлов	
Лабораторная работа № 13. Определение стандартной э. д. с. цепи без переноса с цинковым и хлорсеребряным электродом	
Лабораторная работа № 14. Определение растворимости и произведения растворимости труднорастворимых соединений методом измерения э. д. с.	

5. Кинетика электродных реакций. Основные кинетические параметры и методы их определения	
Лабораторная работа № 15. Изучение кинетики электрохимических реакций температурно-кинетическим методом	
Лабораторная работа № 16. Концентрационная поляризация при электровосстановлении катионов металлов	
Лабораторная работа № 17. Кинетические закономерности катодного выделения водорода	
Лабораторная работа № 18. Анодное выделение кислорода.	
Лабораторная работа №19. Исследование кинетики совместного разряда катионов металла и водорода.	
Лабораторная работа №20. Изучение закономерностей нестационарной диффузии хронопотенциометрическим методом	
6. Электроосаждение металлов на твердых электродах. Исследование перенапряжения при катодном осаждении металлов	
Лабораторная работа № 20. Изучение влияния поверхностно-активных веществ на электроосаждение металлов	
Лабораторная работа № 21. Исследование кинетики восстановления салицилатных комплексов железа (III) на платиновом электроде	
7. Анодные процессы. Анодная пассивация металлов	
Лабораторная работа №22. Анодное растворение и пассивность металлов	
Лабораторная работа № 24. Исследование процессов пассивирования металлов с использованием метода кривых спада потенциала.	

СПИСОК КОМПЬЮТЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Компьютерная презентация № 1.
2. Компьютерная презентация № 2
3. Компьютерная презентация № 3
4. Компьютерная презентация № 4
5. Компьютерная презентация № 5
6. Компьютерная презентация № 6
7. Компьютерная презентация № 7
8. Компьютерная презентация № 8
9. Компьютерная презентация № 9
10. Компьютерная презентация № 10
11. Компьютерная презентация № 11
12. Компьютерная презентация № 12
13. Компьютерная презентация № 13
14. Компьютерная презентация № 14

- 15.Компьютерная презентация № 15
- 16.Компьютерная презентация № 16
- 17.Компьютерная презентация № 17
- 18.Компьютерная презентация № 18
- 19.Компьютерная презентация № 19
- 20.Компьютерная презентация № 20
- 21.Компьютерная презентация № 21
- 22.Компьютерная презентация № 22
- 23.Компьютерная презентация № 23
- 24.Компьютерная презентация № 24
- 25.Компьютерная презентация № 25
- 26.Компьютерная презентация № 26
- 27.Компьютерная презентация № 27
- 28.Компьютерная презентация № 28
- 29.Компьютерная презентация № 29
- 30.Компьютерная презентация № 30
- 31.Компьютерная презентация № 31
- 32.Компьютерная презентация № 32
- 33.Компьютерная презентация № 33
- 34.Компьютерная презентация № 34
- 35.Компьютерная презентация № 35
- 36.Компьютерная презентация № 36
- 37.Компьютерная презентация № 37
- 38.Компьютерная презентация № 38
- 39.Компьютерная презентация № 39

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

	Основная	
1.	Л.И.Антропов. Теоретическая электрохимия. М.: Высшая школа, 1984г.	120
2.	А.Л. Ротинян, К.И.Тихонов, И.А.Шошина., Теоретическая электрохимия.- Л.:Высшая школа, 1981г.	98
3.	В.В.Скорчелетти. Теоретическая электрохимия, М.: Высшая школа, 1976г.	30
4.	Б.Б.Дамаскин, О.А.Петрий. Электрохимия.-М.: Высшая школа, 1987 г.	62
5.	Б.Б.Дамаскин, О.А.Петрий. Введение в электрохимическую кинетику.- М.:Высшая школа, 1983 г.	40
6.	Практикум по электрохимии /Под редакцией Б.Б.Дамаскина.-М.: Высшая школа, 1991 г.	36
7.	Б.Б.Дамаскин, О.А.Петрий., Г.А.Цирлина. Электрохимия. - М.:Химия, 2001 г.	20
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.	80
	Дополнительная	
9.	И.Корыта, И.Дворжак, В.Богачкова. Электрохимия.-М.: Мир, 1977 г.	5
10.	В.С. Багоцкий. Основы электрохимии.- Л.: Химия, 1988 г.	20
11.	А.Н.Фрумкин. Избранные труды. Электродные процессы.- М.:Наука.1987г.	6
12.	Г. П.Дудчик, И.М.Жарский. Равновесная электрохимия. Электроды и гальванические элементы .-М.:БГТУ,2000 г.	200
13.	Г.К.Феттер Электрохимическая кинетика.- М.: Химия, 1967 г.	15
14.	З. Галюс. Теоретические основы электрохимического анализа. М.: Мир, 1974.	8
15.	А.Н.Фрумкин, Б.Б.Дамаскин. Адсорбция органических соединений на электродах. -М.: Мир, 1967 г.	4
16.	Б.Б.Дамаскин. Принципы современных методов изучения электрохимических реакций.- Издательство МГУ, 1965 г.	
17.	Методы измерения в электрохимии, т.1 и 2 / Под ред. Э.Егера и А.Залкинда.-М.: Мир, 1977 г.	8
18.	V. S. Bagotsky. Fundamentals of electrochemistry. —2nd ed. - John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. New Jersey. 2005	2
19.	Laboratory techniques in electroanalytical chemistry / edited by Peter T. Kissinger, William R. Heineman. — 2nd ed., rev. and expanded. -Marcel Dekker, Inc. 1996	2

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
1. Коррозия и защита металлов	Х,ТЭХиМЭТ		
2. Прикладная электрохимия	Х,ТЭХиМЭТ		
3. Гальванотехника	Х,ТЭХиМЭТ		

Зав. кафедрой Х,ТЭХиМЭТ
профессор

И.М.Жарский

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на ____ / ____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 200_г.)

Заведующий кафедрой

_____ (степень, звание) _____ (подпись) _____ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ (степень, звание) _____ (подпись) _____ (И.О.Фамилия)