

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 29.06.2023 11:00:25  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 20 » сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ**

Направление подготовки  
**18.03.01 Химическая технология**  
Направленность программы бакалавриата  
**Прикладная электрохимия**

Квалификация  
**бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Факультет **Химии веществ и материалов**  
Кафедра **Технологии электрохимических производств**

Санкт-Петербург  
2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		Доцент Д. В. Агафонов

Рабочая программа дисциплины «Теоретическая электрохимия» обсуждена на заседании кафедры Технологии электрохимических производств

протокол от 18.06.2021 № 3

Заведующий кафедрой

Доцент Д. В. Агафонов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 16.09. 2021 № 1

Председатель

доцент С.Г. Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Химическая технология»		доцент М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины .....	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины ....	06
4.3. Занятия лекционного типа .....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	08
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.4.2. Лабораторные занятия .....	08
4.5. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	09
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	12
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	13
10.1. Информационные технологии .....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	14

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<p><b>ПК-1</b> Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Использование знаний основных естественнонаучных законов для понимания явлений протекающих в электрохимических системах</p>	<p><b>Знать:</b> теории строения двойного электрического слоя и его влияние на кинетику электрохимических реакций; (ЗН-1), ионные равновесия в растворах электролитов, неравновесные явления и электродное равновесие в электрохимических системах (ЗН-2) понятие и виды перенапряжения электродных реакций и их основные уравнения (ЗН-3) кинетику и механизм протекания электрохимических реакций при электроосаждении и электрорастворении металлов (ЗН-4) основные методы исследования кинетики электродных реакций (ЗН-5) <b>Уметь:</b> рассчитать из справочных данных термодинамических функций процессов и равновесного состава (У-1) вычислять рН и концентраций частиц в растворах кислот, оснований и солей из констант кислотности (основности) и произведений растворимости (У-2) находить величины ЭДС из справочных данных по электродным потенциалам (У-3) решение задач по химической кинетике с использованием уравнений первого и второго порядка в соответствии с программой курса (У-4) <b>Владеть:</b> современными методами измерения параметров электрохимических систем (Н-1)</p>
	<p><b>ПК-1.2</b> Знание фундаментальных химических законов, превращений и свойств веществ</p>	<p><b>Знать :</b> основные положения теории Аррениуса, теория Дебая-Хюккеля (ЗН-1) неравновесные явления в растворах электролитов (ЗН-2) основы термодинамики гетерогенных электрохимических систем (ЗН-3) ДЭС и явления адсорбции на межфазных границах (ЗН-4) электрохимическая кинетика (ЗН-5) <b>Уметь:</b> применять фундаментальные знания для анализа перспектив развития электрохимических технологий, на основании знания фундаментальных законов и современных представлений анализировать технологические процессы (У-1) <b>Владеть:</b> методами анализа реальных технологических процессов с позиций фундаментальных закономерностей электрохимической теории (Н-1)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.02) и изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Теоретические и экспериментальные методы исследования в химической технологии», «Теоретические основы электрохимической технологии», «Технико-экономический анализ», «Методы проектирования производств химической технологии».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Инновационные процессы функциональной гальванотехники» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе студента и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>8/288</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>142</b>
занятия лекционного типа	34
занятия семинарского типа, в т.ч.	102
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	52 (18)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	50 (9)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>92</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Экзамен / 54</b>

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Классификация электрохимических систем и прохождение тока в них	2	2	6	8	ПК-1.1
2	Ионные равновесия в растворах электролитов	4	4	4	8	ПК-1.1
3	Неравновесные явления в растворах электролитов	4	6	6	8	ПК-1.1
4	Электродное равновесие	2	6	6	8	ПК-1.1
5	Адсорбционные явления. Строение, теории и характеристики двойного электрического слоя (ДЭС)	2	4	-	8	ПК-1.1
6	Основные понятия скорости и механизма электрохимической реакции, перенапряжения, поляризационной кривой и способов ее снятия	4	8	6	10	ПК-1.1
7	Понятие и основные уравнения диффузионного перенапряжения	4	4	6	10	ПК-1.1
8	Электрохимическое перенапряжение при одновременном и стадийном переносе электронов	4	6	8	10	ПК-1.1
9	Кинетика выделения водорода и кислорода на различных металлах	4	6	8	10	ПК-1.1
10	Основные методы исследования механизма электрохимических процессов и определение их кинетических параметров	4	6	-	12	ПК-1.1

##### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
----------------------	--	-------------------	---------------------

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><b>Классификация электрохимических систем и прохождение тока в них.</b>            Электрохимические системы - определение, понятие термодинамически обратимых и термодинамически необратимых электрохимических систем. Классификация термодинамически обратимых электрохимических систем. Примеры электрохимических систем и расчет количества образующихся веществ. Счетчики количества электричества.</p>	2	Лекция-беседа
2	<p><b>Ионное равновесие в растворах электролитов.</b>            Ионные равновесия в водных и неводных растворах, расплавах. Концентрационная и термодинамическая константы равновесия. Ион-дипольное и ион-ионное взаимодействия в растворах электролитов, расплавах. Полиэлектролиты. Понятие рН, сольволиза, гидролиза, буферных свойств раствора и их роль для электрохимической технологии.            Расчет равновесной концентрации ионов. Ионное равновесие в присутствии твердой фазы. Понятие величины рН гидратообразования - расчет в зависимости от природы и концентрации соли и её роль в электрохимической технологии.</p>	4	Лекция-беседа
3	<p><b>Неравновесные явления в электролитах различного вида.</b>            Характеристики электрической проводимости электролитов - удельной и молярной. Понятие униполярной и биполярной проводимости. Электрическая проводимость индивидуальных веществ – газов, твердых тел, расплавов, а также водных, неводных растворов, твердых электролитов. Природа и механизм проводимости этих веществ. Уравнение Френкеля.            Основные теории электрической проводимости. Влияние природы, концентрации и температуры на величину электрической проводимости. Экспериментальные результаты и их трактовка с позиций различных теорий.            Диффузия и миграция ионов. Числа переноса и их зависимость от концентрации и температуры электролита. Уравнение диффузионного потенциала и методы его устранения. Конвективный поток в растворах и явление термодиффузии.</p>	4	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p>Электродное равновесие. Напряжение электрохимических систем – механизм возникновения и методы измерения. Уравнение Гальвани потенциала и потенциала в относительной шкале. Выбор относительной шкалы и перевод значений потенциалов из одной шкалы в другую. Электроды сравнения при измерении потенциалов любого типа и в электролитах различной природы (водные, неводные и расплавы). Термодинамика электрохимических систем – Уравнение Гиббса-Гельмгольца и расчет равновесного напряжения. Уравнение мембранного потенциала. Ионоселективные электроды – конструкция, механизм возникновения потенциала и уравнения. Градуировка ионоселективных электродов. Термодинамическое равновесие с растворителем. Диаграмма термодинамической устойчивости воды. Диаграммы Пурбе - принцип построения и анализ с целью определения продуктов реакции.</p>	2	Лекция-беседа
5	<p><b>Адсорбционные явления. Строение, теории и характеристики двойного электрического слоя (ДЭС)</b>  Механизм возникновения двойного электрического слоя, явления адсорбции при образовании двойного электрического слоя. неполяризуемые и идеально поляризуемые электроды. Область идеальной поляризуемости. Методы изучения ДЭС. Потенциал нулевого заряда. Первое уравнение Липпмана. Ёмкость двойного электрического слоя. Дифференциальная и интегральная ёмкость. Второе уравнение Липпмана. Теории строения двойного электрического слоя: Гельмгольца, Гуи - Чапмена, Штерна. Представления Грема. Современные представления о строении двойного электрического слоя на ртути и твёрдых электродах в растворах и влияние его на скорость электрохимических реакций.</p>	2	Лекция-беседа
6	<p><b>Основные понятия скорости и механизма электрохимической реакции, перенапряжения, поляризационной кривой и способов ее снятия</b>  Электродная поляризация и перенапряжение. Соотношение между скоростями химической и электрохимической реакции. Суммарная электродная реакция и лимитирующие стадии. Виды перенапряжения. Поляризационные кривые и методы её снятия- гальвано и потенциостатические, потенциодинамические.</p>	4	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
7	<p><b>Понятие и основные уравнения диффузионного перенапряжения</b></p> <p>Перенапряжение диффузии. Вывод уравнения поляризационной кривой при замедленной диффузии. Предельная плотность тока, толщина диффузионного слоя.(стационарная диффузия) Перенапряжение диффузии с учётом миграции. Конвективная диффузия. Вращающийся дисковый электрод.</p>	4	Лекция-беседа
8	<p><b>Электрохимическое перенапряжение при одновременном и стадийном переносе электронов.</b></p> <p>Перенапряжение электрохимической стадии. Теория активированного комплекса. Соотношение Бренстеда-Поляни-Семёнова. Вывод уравнений частных поляризационных кривых. Уравнение Тафеля, Фрумкина. Понятие тока обмена, стандартного тока обмена, порядка реакций. Кинетический вывод уравнения для равновесного потенциала. Вывод уравнений при наложении перенапряжения диффузии и переноса электронов.</p> <p>Стадийный перенос электронов при замедленной электрохимической стадии. Вывод уравнения для скорости суммарной электродной реакции. Кажущиеся коэффициенты переноса. Стехиометрическое число лимитирующей стадии.</p>	4	Лекция-беседа
9	<p><b>Перенапряжение при образовании новой фазы. Электроосаждение и электрорастворение металлов.</b></p> <p>Кинетические закономерности реакций электрохимического осаждения металлов. Перенапряжение кристаллизации. Образование и рост зародышей. Влияние состава электролита и режимов электролиза на соотношение скорости образования и роста зародышей. Адсорбционная поляризация. Влияние поверхностно - активных веществ (ПАВ) на электрокристаллизацию металлов.</p> <p>Анодное растворение металлов- основные уравнения скорости анодного растворения в зависимости от природы лимитирующей стадии. Активное и пассивное растворение металлов и влияние состава электролита и природы металла на скорость этих реакций.</p>	4	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
10	<p><b>Кинетика выделения водорода и кислорода на различных металлах</b></p> <p>Кинетика и механизм реакции выделения водорода. Вывод уравнений для скорости разряда ионов водорода в кислых и щелочных растворах при замедленной электрохимической реакции с учетом строения двойного электрического слоя, а именно с учётом пси-потенциала. Влияние природы металла и состава раствора на перенапряжение выделения водорода.</p> <p>Теории замедленной рекомбинации и электрохимической десорбции при выделении водорода. Сопоставление теории с экспериментальными данными. Механизм реакции восстановления кислорода. Влияние материала электродов и состава раствора на кинетику и механизм реакции.</p>	4	Лекция-беседа

#### 4.3. Занятия семинарского типа

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
1	Классификация электрохимических систем и прохождение тока в них	2	1	Групповая научная дискуссия
2	Ионные равновесия в растворах электролитов	4	1	Групповая научная дискуссия
3	Неравновесные явления в растворах электролитов	6	2	Групповая научная дискуссия
4	Электродные равновесия	6	2	Групповая научная дискуссия
5	Адсорбционные явления. Строение, теории и характеристики двойного электрического слоя (ДЭС)	4	2	Групповая научная дискуссия
6	Основные понятия скорости и механизма электрохимической реакции, перенапряжения, поляризационной кривой и способов ее снятия	8	2	Групповая научная дискуссия

7	Понятие и основные уравнения диффузионного перенапряжения	4	2	Групповая научная дискуссия
8	Электрохимическое перенапряжение при одновременном и стадийном переносе электронов	6	2	Групповая научная дискуссия
9	Кинетика выделения водорода и кислорода на различных металлах	6	2	Групповая научная дискуссия
10	Основные методы исследования механизма электрохимических процессов и определение их кинетических параметров	6	2	Групповая научная дискуссия

#### 4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическ	
1	Законы Фарадея	6	1	Защита работы
2	Определение основных характеристик исследуемых электролитов: рН, концентрации солей, рН гидратообразования, электрической проводимости.	4	1	Защита работы
3	Неравновесные явления в растворах электролитов	6	1	Защита работы
4	Измерение напряжения электрохимических систем и определение термодинамических функций химических реакций.	6	1	Защита работы
6	Изучение кинетики электроосаждения металлов и определение механизма электродной реакции и плотности тока обмена.	6	1	Защита работы
7	Изучение кинетики электродных реакций методом вращающегося дискового электрода.	6	1	Защита работы
8	Изучение кинетики анодного растворения металлов и определение области активного и пассивного растворения.	8	1	Защита работы
9	Исследование кинетики выделения водорода на металлах различной природы и в растворах разной концентрации.	8	2	Защита работы

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Законы Фарадея	8	
2	Метод активности. Расчет средней ионной активности электролитов разного состава.	8	
3	Методы измерения и расчет равновесного напряжения электрохимических систем.	8	
4	Методы исследования строения двойного электрического слоя и определение его основных характеристик.	8	опрос
5	Методы изучения многостадийных электродных реакций. Измерение потенциала под током.	8	опрос
6	Особенности кинетики восстановления комплексных ионов.	10	опрос
7	Кинетика электрохимического восстановления оксидов.	10	
8	Роль адсорбции веществ в кинетике электродных процессов.	10	
9	Кинетика выделения кислорода на различных металлах	10	опрос
10	Кинетика выделения водорода на различных металлах	12	

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («зачтено») освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в виде зачета, экзамена и защиты курсовой работы. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 3 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

## Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

### Вариант № 1

1. Сформулировать закон Фарадея и следствие, вытекающее из этого закона
2. Причины возникновения напряжения в электрохимических системах
3. Металлическую деталь с общей поверхностью  $100 \text{ см}^2$  электролитически покрывают слоем никеля толщиной  $0,3 \text{ мм}$ . Какова продолжительность электролиза при силе тока  $3 \text{ А}$ ? Плотность никеля  $9 \text{ г/см}^3$

## 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

### а) основная литература:

#### а) печатные издания

1. Теоретическая электрохимия : учебник для вузов по направлению подготовки «Химическая технология» / А. Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шошина, А.И. Тимонов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Студент, 2013. - 496 с. – ISBN 978-5-4363-0047-4
2. Салем, Р.Р. Теоретическая электрохимия: Начала теории / Р. Р. Салем. - 2-е изд. - Москва : Вузовская книга, 2006. - 326 с. – ISBN 5-9502-0229-5
3. Шишкина, С.В. Лабораторный практикум по теоретической электрохимии : учебное пособие для вузов / С. В. Шишкина, Л. И. Ковязина - 2-е изд., перераб. и доп. - Киров : ВятГУ, 2008. - 245 с. : ил. – ISBN 5-230-07354-3
4. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия : учебник по направ. 510500 «Химия» и спец. 011000 «Химия» / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - 2-е изд., испр. и перераб. - Москва : Химия, 2008. - 670 с. : – ISBN 978-598109-064-6 («Химия»)

#### б) электронные издания

1. Хенце, Г. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика / Г. Хенце; Перевод с немецкого А. В. Гармаша, А. И. Каменева под редакцией А. И. Каменева. - 4-е изд., электрон. - Москва: Лаборатория знаний, 2021. - 287 с. - (Методы в химии). – ISBN 978-5-00101-079-1 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 29.06.2021). - Режим доступа: по подписке.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета - <http://bibl.lti-gti.ru>
2. Российская государственная библиотека - [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
3. Российская национальная библиотека - [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
4. Библиотека Академии наук - [www.rasl.ru](http://www.rasl.ru)
5. Библиотека по естественным наукам РАН - [www.benran.ru](http://www.benran.ru)
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) - [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека - [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
9. Реферативная база данных научных публикаций Web of Science - [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)
10. Электронно-библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>
11. Интернет-портал мир гальваники <http://galvanicworld.com>
12. Гальванические покрытия <http://www.galvan.ru/?q=node/63>
13. Практические пособия по гальванике <http://www.galvanicworld.com/practicals/>

14. Химические источники тока <http://www.powerinfo.ru>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Теоретическая электрохимия» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;  
СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия.

Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу

В ходе лекционных занятий студенту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой бакалавров с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в разделе 7 настоящей программы. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет.

Для работы на практических занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в виде зачета, экзамена и защиты курсовой работы (включает 3 вопроса из различных тем пройденного материала). Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

## **10.2. Программное обеспечение.**

Представление лекционного материала и проведение практических занятий:  
ОС – не ниже MS Windows XP SP3  
MS PowerPoint 97 и выше

## **10.3. Базы данных и информационные справочные системы**

1. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
2. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <http://elibrary.ru>

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

Практические занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлениям подготовки 18.03.01 Химическая технология, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«Теоретическая электрохимия»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Индекс компетенции</b>	<b>Содержание</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-1</b>	Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<p><b>ПК-1.1</b> Способность использовать знания по теоретической электрохимии для решения конкретных задач</p>	<p>Знает теории строения двойного электрического слоя и его влияние на кинетику электрохимических реакций; (ЗН-1), ионные равновесия в растворах электролитов, неравновесные явления и электродное равновесие в электрохимических системах (ЗН-2) понятие и виды перенапряжения электродных реакций и их основные уравнения (ЗН-3) кинетику и механизм протекания электрохимических реакций при электроосаждении и электрорастворении металлов (ЗН-4) основные методы исследования кинетики электродных реакций (ЗН-5) Умеет рассчитать из справочных данных термодинамических функций процессов и равновесного состава (У-1) вычислять рН и концентраций частиц в растворах кислот, оснований и солей из констант кислотности (основности) и произведений растворимости (У-2) находить величины ЭДС из справочных данных по электродным потенциалам (У-3) решение задач по химической кинетике с использованием уравнений первого и второго порядка в соответствии с программой курса (У-4) Владеет современными методами измерения параметров электрохимических систем (Н-1)</p>	<p>Защита курсовой работы  Ответы на вопросы экзамену № 1-11, 23-25, 30,31,38, 12-17, 44</p>	<p>Имеет представления о термодинамически обратимых и термодинамически необратимых электрохимических системах Знает ионные равновесия в растворах электролитов Имеет представление о неравновесных явлениях и электродных равновесиях в химических и электрохимических системах;</p>	<p>Имеет представления о термодинамически обратимых и термодинамически необратимых электрохимических системах. Умеет составлять уравнения термодинамически обратимых и термодинамически необратимых электрохимических систем; Знает ионные равновесия в растворах электролитов кислот, оснований и солей Знает о неравновесных явлениях и электродных равновесиях в химических и электрохимических системах;</p>	<p>Знает определение, понятие термодинамически обратимых и термодинамически необратимых электрохимических систем; Умеет составлять уравнения термодинамически обратимых и термодинамически необратимых электрохимических систем; Владеет методами расчета количеств образующихся веществ Знает ионные равновесия в растворах электролитов кислот, оснований и солей из констант кислотности (основности) и произведений растворимости Знает, неравновесные явления и электродное равновесие в химических и электрохимических системах; Умеет трактовать хэспериментальные результаты с позиций различных теорий;</p>

<p><b>ПК-1.2</b> Знание фундаментальных химических законов, превращений и свойств веществ</p>	<p>Знает основные положения теории Аррениуса, теория Дебая-Хюккеля (ЗН-1) неравновесные явления в растворах электролитов (ЗН-2) основы термодинамики гетерогенных электрохимических систем (ЗН-3) ДЭС и явления адсорбции на межфазных границах (ЗН-4) электрохимическая кинетика (ЗН-5)          Умеет применять фундаментальные знания для анализа перспектив развития электрохимических технологий, на основании знания фундаментальных законов и современных представлений анализировать технологические процессы (У-1)          Владеет методами анализа реальных технологических процессов с позиций фундаментальных закономерностей электрохимической теории (Н-1)</p>	<p>Защита курсовой работы</p> <p>Ответы на вопросы экзамену № 18-23, 35-36,44, 15-19,26-34-37</p>	<p>Имеет представления о механизме возникновения ЭДС электрохимических систем.          Имеет представление о методах изучения ДЭС, методах определения скорости реакций</p>	<p>Знает механизм возникновения ЭДС электрохимических систем.          Умеет находить величины ЭДС из справочных данных по электродным потенциалам решать задачи по электродным потенциалам решать задачи по методам изучения ДЭС, методах определения скорости реакций, кинетики и механизма протекания электрохимических реакций в различных условиях          Владеет методами постановки эксперимента          Знает теорию активированного комплекса, соотношение Бренстеда-Поляни-Семёнова. Умеет выводить уравнений частных поляризационных кривых, уравнение Тафеля          Владеет методами управления математи ческим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных</p>	<p>Знает механизм возникновения ЭДС электрохимических систем.          Умеет находить величины ЭДС из справочных данных по электродным потенциалам решать задачи. Рассчитывать торетические значения ЭДС          Умеет ставить эксперимент по изучению ДЭС, методам определения скорости реакций, кинетики и механизма протекания электрохимических реакций в различных условиях          Владеет и применяет на практике методы постановки эксперимента          Знает теорию активированного комплекса, соотношение Бренстеда-Поляни-Семёнова. Умеет выводить уравнений частных поляризационных кривых, уравнение Тафеля, Фрумкина, находить кажущиеся коэффициенты переноса, стехиометрическое число лимитирующей стадии.          Владеет и применяет на практике методы управления математи ческим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных</p>
---	---	---	--	---	---

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме зачета, **экзамена и защиты курсовой работы**. Критерии оценивания на экзамене – «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» приведены в таблице 2.

Оценка «не удовлетворительно» ставится, если ответ студента не передает содержание проблемы, не демонстрирует умение выделять главное, существенное, ответ носит краткий, неглубокий, поверхностный характер.

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

1. Определение электрохимии и основные задачи теоретической и прикладной науки.
2. Чем отличаются электрохимические реакции от реакций окисления и восстановления в суммарной химической.
3. Понятие электрохимической системы и их классификация с точки зрения протекания химической реакции.
4. Привести примеры электрохимической системы типа химический источник электрической энергии и электролизера.
5. Сформулировать закон Фарадея и следствие, вытекающее из этого закона.
6. Раскрыть физический смысл электрохимического эквивалента и дать способ его расчета. Привести примеры.
7. С какой целью вводится понятие выход по току и его экспериментальное определение.
8. Какие электрохимические системы используются в качестве счетчиков количества электричества и как они называются?
9. Ионные равновесия в растворах: понятие и расчет рН, понятие буферной емкости и принцип составления буферных растворов, расчет равновесной концентрации ионов металла в комплексных электролитах.
10. Ионные равновесия в присутствии твердой фазы: определение и расчет величины рН гидроксидообразования и ее роль в электрохимических процессах.
11. Понятие средней ионной активности, среднего ионного коэффициента активности, средней ионной концентрации, фактора валентности и расчет активности раствора.
12. Неравновесные явления в электрохимических системах: электрическая проводимость и диффузия в электролитах.
13. Механизм проводимости в электролитах различной природы: растворах, твердых телах, расплавах.
14. Влияние природы, концентрации растворенного вещества, а также температуры и природы растворителя на электрическую проводимость электролитов.
15. Основные теории электрической проводимости.
16. Конвективный перенос в растворах.
17. Термодиффузия и роль этого явления в электрохимических реакциях.
18. Причины возникновения напряжения в электрохимических системах.
19. Методы измерения равновесного напряжения электрохимических систем.
20. Причины возникновения скачка потенциала на границе раздела фаз. Определение потенциала, а также Гальвани-потенциала, поверхностного, внешнего и Вольта-потенциала.
21. Кинетический вывод уравнения равновесного потенциала. Изобразить графически зависимость равновесного потенциала от потенциалопределяющих ионов.
22. Определение порядков электрохимических реакций.
23. Методика снятия поляризационных кривых, измерение потенциала под током.
24. Стадийное протекание электрохимического акта. Рассмотреть на примере осаждения и растворения металлов. Понятие истинного и кажущегося коэффициента переноса.
25. Влияние  $\eta$ -потенциала на скорость реакции разряда-ионизации при замедленном протекании электрохимического акта.
26. Кинетические уравнения электрохимических реакций, включающих предшествующие быстрые химические стадии (лимитирует электрохимическая стадия).
27. Основные уравнения диффузионного перенапряжения при стационарной диффузии. Закон Фика. Понятие диффузионного и предельного катодного и анодного токов и их зависимость от состава раствора и параметров электролиза.
28. Влияние миграции и перемешивания на величину катодного предельного тока.

29. Вывод уравнений диффузионной кинетики с учетом конвективной диффузии. Проверка этих уравнений с помощью вращающегося дискового электрода.
30. Вывод уравнений при смешанной кинетике( замедлена стадия переноса электрона и стадия диффузии).
31. Электрохимические реакции, включающие быстрые химические стадии.
32. Теория замедленного разряда при выделении водорода из кислых растворов. Влияние материала электрода и состава раствора на скорость реакции.
33. Теория замедленного разряда реакции выделения водорода из нейтральных и щелочных растворов. Влияние материала электрода и состава раствора на скорость реакции.
34. Зависимость перенапряжения выделения водорода от pH в широком интервале.
35. Основные положения и уравнения реакции выделения водорода при замедленной рекомбинации. Сопоставление с экспериментальными результатами.
36. Механизм электрохимической десорбции при выделении водорода.
37. Механизм реакции восстановления кислорода. Рассмотреть возможные случаи, реализованные на практике.
38. Электровосстановление анионов. Исправленные Тафелевские зависимости.
39. Кристаллизационная поляризация, основные уравнения. Влияние состава раствора и параметров осаждения металлов на образование и рост зародышей.
40. Адсорбционная поляризация. Влияние поверхностно-активных веществ на структуру осаждаемых металлов.
41. Особенности анодного растворения металлов.
42. Пассивное растворение металлов. Методы снятия пассивности.
43. Определение кинетических параметров и механизма реакций из стационарных поляризационных кривых.
44. Основные нестационарные методы исследования кинетики и механизма протекания электродных реакций.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает билет с 3 вопросами из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ 039-2013. Бакалавриат. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.