

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технологии и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых  
производств»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине М.1.3.3.2 « Физико-химия поверхностных процессов при  
электроосаждении покрытий»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

Профиль: "Химическая технология композиционных материалов и покрытий"  
Квалификация - магистр

форма обучения – очная  
курс – 1  
семестр – 2  
зачетных единиц – 4  
часов в неделю – 4  
всего часов – 144  
в том числе:  
лекции – 32  
практические занятия – 16  
лабораторные занятия – 16  
самостоятельная работа – 80  
экзамен – нет  
зачет (с оценкой) – 2  
РГР – нет  
курсовая работа – нет  
курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании  
кафедры ТОХП  
20.06.2022 года, протокол №10  
Зав. кафедрой Левкина Н.Л.Левкина

Рабочая программа утверждена  
на заседании УМКН направления ХМТН  
27.06.2022 года, протокол №5  
Председатель УМКН Левкина Н.Л.Левкина

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Цель преподавания дисциплины состоит в изучении физико-химических, электрохимических процессов на границе раздела фаз при осаждении гальванических осадков металлов и сплавов, установлении взаимосвязи экспериментальных данных по составу, структуре и свойствам осадков с механизмом и кинетикой образования новой фазы.

Задачами дисциплины являются освоение научных основ процессов электрокристаллизации и электрохимического фазообразования, и выработка у студентов магистерской подготовки навыков самостоятельной постановки, организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований, умения обобщения полученных результатов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Физико-химия поверхностных процессов при электроосаждении покрытий» относится к дисциплинам по выбору профессиональной части учебного цикла образовательной программы магистратуры по направлению 18.04.01 «Химическая технология».

Для ее освоения необходимы знания по дисциплинам учебного плана подготовки бакалавров: «Физика», «Общая и неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физико-химические методы анализа», а также по дисциплинам магистерской подготовки: «Приоритетные электрохимические технологии», «Инструментальные методы исследования в химической технологии».

Знания, полученные обучающимися по дисциплине, развиваются и углубляются в дальнейшем при изучении студентами профильных дисциплин.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует компетенцию при освоении ООП ВО, реализующей Федеральный Государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО):

- **ПК-2** Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования

В результате изучения дисциплины «Физико-химия поверхностных процессов при электроосаждении покрытий» дисциплины студент должен демонстрировать следующие результаты обучения. Обучающийся должен:

**Знать** основные уравнения электрохимической термодинамики, кинетики и механизма электрохимического фазообразования.

**Уметь** использовать теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов при анализе накопленных экспериментальных данных по кинетике процесса, составу, структуре и свойствам новой фазы.

**Владеть** навыками использования методов и методик проведения экспериментов по изучению кинетики электрохимического нанесения металлов и сплавов, анализу структуры и свойств формирующихся покрытий.

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

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
ПК-2 - способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования	<b>ИД-3<sub>ПК-2</sub></b> Способен использовать теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов, современную интерпретацию кинетики и механизма процесса с позиции обобщения накопленных экспериментальных данных по составу, структуре и свойствам осадков во взаимосвязи с механизмом и кинетикой образования новой фазы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результаты обучения по дисциплине)
<b>ИД-3<sub>ПК-2</sub></b> Способен использовать теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов, современную интерпретацию кинетики и механизма процесса с позиции обобщения накопленных экспериментальных данных по составу, структуре и свойствам осадков во взаимосвязи с механизмом и кинетикой образования новой фазы	<p><b>Знать:</b> основные уравнения термодинамики, кинетики и механизма в процессах электрохимического фазообразования;</p> <p><b>Уметь:</b> применять научно-техническую информацию по кинетике и механизму образования и роста новой фазы к анализу результатов исследования;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками интерпретации и обобщения результатов исследований для установления взаимосвязи свойств электрохимических осадков с кинетикой и механизмом их образования.</p>

**4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам  
и видам занятий**

№ Мод уля	№ Не де ли	№ Те мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек- ции	Коллок- виумы	Лабора- торные	Прак- тичес- кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	Современные проблемы теории электрохимического осаждения и анодного растворения металлов и сплавов	6	2	-			4
	2,3	2	Реакционный слой на межфазной границе электрод-электролит	16	4	-		2	10
	4-6	3	Формирование новой фазы на границе раздела электрод-электролит	34	6	-	8	4	16
2+	7-10	4	Кинетика электрохимического образования и роста фаз	26	8	-	4	4	10
	11, 12	5	Катодное внедрение металлов в твердые электроды электродах	22	4	-	4	2	12
	13, 14	6	Разряд-ионизация металлов на полупроводниковых электродах	20	4	-	-	-	16
	15, 16	7	Механизм формирования гальванических осадков металлов и сплавов в условиях совместного выделения водорода	20	4	-	-	4	12
Всего				144	32	-/-	16	16	80

## 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	<p><b>Современные проблемы теории электрохимического осаждения и анодного растворения металлов и сплавов</b></p> <p>Основные направления развития современной теоретической электрохимии: кинетика и механизм катодных и анодных процессов: квантово-химические подходы; структура поверхности и ее роль в электрохимических превращениях; многостадийные электрохимические реакции применительно к ион-металлическим электродам.</p>	1, 2, 4, 5
2	4	2.3	<p><b>Реакционный слой на межфазной границе электрод-электролит</b></p> <p>Реакционный слой на межфазной границе в системах с водным, апротонным и твердым электролитом. Строение межфазной границы электрод/электролит. Роль химических гомо- и гетерогенных стадий (реакций) в суммарном электродном процессе. Оптические, фотоэмиссионные, рентгеновские, зондовые методы исследования межфазных границ. Роль воды в электрохимических превращениях. Влияние природы растворителя.</p>	
3	6	4-7	<p><b>Формирование новой фазы на границе раздела электрод-электролит</b></p> <p>Стадийный механизм электрохимического акта разряда-ионизации. Основные стадии электрохимического процесса. Лимитирующая стадия процесса. Предельный ток реакции. Работа образования зародыша. Разряд ионов и поверхностная диффузия. Матричные структуры. Влияние поверхностных слоев, их состава и структуры на кинетику электрохимического фазообразования. Процессы фазообразования при анодном окислении металлов и сплавов. Особенности процессов в матричных структурах. Электрохимическое внедрение. Интеркалирование. Окислительно-восстановительные (колебательные) процессы в образующейся фазе, явление синергизма. Вольтамперметрические, кулонометрические методы изучения процесса сплавообразования в условиях конкурирующей диффузии и адсорбции.</p>	1, 2, 4, 5
4	8	3	<p><b>Кинетика электрохимического образования и роста фаз</b></p> <p>Кинетика реакций при электроосаждении металлов на твердых катодах. Стадии процесса при</p>	1, 2, 4, 5

			<p>электроосаждении металлов на твердых катодах Работа образования зародыша. Разряд ионов и поверхностная диффузия. Роль образования зародыша в суммарном процессе, механизм его роста. . Методы исследования и расчета зародышей новой фазы. Физическая неоднородность поверхности. Влияние ПАВ. Работы Лошкарева. Предельные токи и их природа. Перенапряжение кристаллизации. Состояния «ад-ион» и «ад-атом». Механизм роста дву- и трехмерных зародышей и рост катодного осадка. Активные центры кристаллизации. Образование зародышей кристаллов в гальваностатических условиях и в потенциостатическом режиме.</p> <p>Периодические явления при электроосаждении металлов. Осаждение металлов переменной валентности.</p> <p>Особенности кинетики электроосаждения металлов из комплексных электролитов. Вторичные химические и электрохимические процессы в прикатодном слое и пассивация катода. Зависимость катодной пассивации от pH, природы аниона, интенсивности перемешивания.</p> <p>Влияние pH на адсорбционное поведение ПАВ и на природу разряжающихся частиц. Методы измерения кислотности в приэлектродном слое. Методы расчета pH приэлектродного слоя раствора</p> <p>Распределение ожидаемого вещества на катоде. Структура катодных осадков.</p> <p>Ориентированное электроосаждение металлов. Образование текстуры. Разработка методов управления структурой и свойствами ожидаемого металла. Образование дефектов кристаллической решетки в электроосажденном металле. Работы Горбуновой, Полукарова.</p> <p>Электроосаждение металлов из органических растворителей, влияние диэлектрической проницаемости и донорно-акцепторных свойств растворителя.</p>	
5	4	4	<p><b>Катодное внедрение металлов в твердые электроды</b></p> <p>Сплавы и их свойства. Механизм катодного внедрения. Вакансионный механизм диффузии. Междоузельный механизм. Стадии процесса катодного внедрения. Диффузионная и электрохимическая инжекция вакансий в электрод. «Разработка» электродов. Время релаксации вакансий. Влияние адсорбционных процессов и процесса заряжения двойного электрического слоя на равновесную концентрацию вакансий в электроде. Влияние свойств твердого раствора и</p>	1, 2, 4, 5

			интерметаллического соединения Кинетика катодного внедрения. Влияние обработки поверхности электрода. Степень насыщения поверхности вакансиями. Кинетические зависимости при замедленной стадии диффузии химической реакции. Использование уравнений Нернста для определения поверхностной активности внедрившихся атомов. Квадратичный закон изменения плотности тока с потенциалом. Влияние адсорбционных процессов на кинетику катодного внедрения. Роль растворителя. Влияние природы катиона внедряющегося металла и природы аниона.	
6	4	5	<b>Разряд-ионизация металлов на полупроводниковых электродах</b> Особенности межфазной границы. Критерий стадийности. Ионы в неустойчивом промежуточном валентном состоянии. Явление интеркаллирования. Роль диффузионного массопереноса в реакции. Участие дефектов структуры в твердой фазе. Влияние природы катиона разряжающегося металла на величину плотности тока обмена. Влияние состава раствора и pH. Роль ПАВ.	1, 2, 4, 5
7	4	6	<b>Механизм формирования гальванических осадков металлов и сплавов в условиях совместного выделения водорода</b> Механизм формирования гальванических осадков металлов и сплавов в условиях совместного выделения водорода. Методы синтеза ИМС металлов с водородом. Преимущества электрохимических методов. «Накопители» водорода. Практическое значение проблемы. Кинетические закономерности диффузии катодно выделяющегося водорода через металлические мембраны.	1, 2, 4, 5

## 6. Содержание коллоквиумов

Учебным планом не предусмотрены

## 7. Практические занятия

№ те мы	Всего часов	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно- методиче ское обеспеche ние
1	2	3	
2	2	<b>Реакционный слой на межфазной границе электрод-электролит</b> Двойной электрический слой на границе раздела фаз. Современные представления о строении ДЭС. Связь электрических и адсорбционных процессов на границе раздела фаз. Механизм адсорбции воды. Реорганизация растворителя в двойном слое. Влияние состава электролита, физико-химических превращений в объеме раствора на процессы на межфазной границе электрод-электролит.	1, 2, 4, 5
3	4	<b>Формирование новой фазы на границе раздела электрод-электролит</b> Механизм и кинетика стадии разряда-ионизации. Энергия активации. Способы её определения. Образование ионов промежуточной валентности при электровосстановлении многовалентных металлов и методы их обнаружения. Роль диффузии в электрохимических процессах. Законы Фика. Объединенный закон Фика-Фарадея. Перенапряжение диффузии, предельный ток диффузии, переходное время процесса. Влияние состава электролита на скорость электрохимической реакции.	1, 2, 4, 5
4	4	<b>Кинетика электрохимического образования и роста фаз</b> Кинетика реакций при электроосаждении металлов на твердых катодах. Стадии процесса при электроосаждении металлов на твердых катодах Кинетические закономерности совместного электроосаждения металлов. Способы сближения электродных потенциалов при электроосаждении сплавов. Влияние состава электролита и режима электролиза на состав, структуру и свойства сплавов.	1, 2, 4, 5
5	2	<b>Катодное внедрение металлов в твердые электроды.</b> Термодинамика катодного внедрения. Стадии реакции взаимодействия катиона раствора с металлом электрода. Методы изучения кинетики катодного внедрения. Роль вакансий в кристаллической решетке металла электрода. Сплавы, образующиеся при катодном внедрении. Свойства материалов, полученных путём катодного внедрения. Их применение. Состав, структура, свойства соединений внедрения графита. Электрохимический синтез соединений внедрения графита.	1, 2, 4, 5
7	4	<b>Механизм формирования гальванических осадков металлов и сплавов в условиях совместного выделения водорода</b> Механизм электровосстановления водорода из кислот,	1, 2, 4, 5



		нейтральной и щелочной сред. Роль сопутствующего процесса выделения водорода в формировании катодного осадка. Состав формирующихся фаз. Диффузия и растворение водорода в металлах. Водородные соединения металлов (гидриды, интерметаллические соединения). Влияние водорода на свойства гальванических осадков.	
--	--	---	--

## 8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
3	8	Определение коэффициента диффузии из электрохимических измерений: - гальваностатический метод; - потенциостатический метод; - потенциодинамический метод.	10-12
4	4	Композиционные электрохимические покрытия	10-12
5	4	Дофазовое осаждение металлов	10-12
Всего	16		

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	4	Использование электрохимии и электрохимических технологий в современном обществе: разработка новых материалов, обладающих заданными функциональными свойствами, химических источников тока, решении вопросов возобновляемых энергетических ресурсов, решении экологических проблем.	1-9,13-18, 19-25
2	10	Энергия активации электрохимического процесса. Роль ионов промежуточной валентности при электроосаждении металлов и методы их обнаружения. Роль диффузии в электрохимических процессах. Законы Фика. Объединенный закон Фика-Фарадея.	1-9,13-18, 19-25
3	16	Кинетика и механизм электроосаждения металлов и сплавов: - кинетические зависимости, их графическая интерпретация, определение $\alpha$ , $i_0$ , $k_s$ , $D_{эфф}$ , энергия активации, взаимосвязь между $i_{пред}$ , $\tau$ и $C_s$ ; -определение параметров зародышеобразования; - механизм сплавообразования; - природа лимитирующей стадии, ее влияние на характер зависимостей $i-E$ , $i-t$ , ( $E=const$ ), $E-t$ ( $i=const$ ), $1/\omega C-R$ , - критерии стадийности. Кинетические закономерности электроосаждения сплавов.	1-9,13-18, 19-25
4	10	Способы сближения электродных потенциалов при	1-9,13-18,

		электроосаждении сплавов. Типы сплавов. Ориентированное электроосаждение металлов и сплавов. Методы исследования состава, структуры и свойств сплавов. Периодические явления при электрохимическом сплавообразовании.	19-25
5	12	Катодное внедрение металлов в твердые электроды (металлы, сплавы, оксиды, графит): термодинамика, механизм, кинетические зависимости области применения. Твердые растворы и интерметаллические соединения	1-9,13-18, 19-25
6	16	Анодное окисление металлов и сплавов. Катодная пассивация. Природа пассивирующих слоев. Роль дефектов структуры. Самоорганизующиеся и самосогласующиеся системы. Модели пассивации. Многокомпонентные системы металл-кислород, их практическое значение, особенности строения, нестехиометрия по кислороду, влияние состава на критическую температуру перехода в состояние ВТСП, области применения. Колебательные окислительно-восстановительные процессы в многокомпонентных сплавах оксидных систем.	1-9,13-18, 19-25
7	12	Роль водорода при нанесении металлических осадков. Адсорбция водорода на металлах и сплавах. Кинетика и механизм. Гидриды, интерметаллические соединения с водородом. Их свойства и применение. Проницаемость водорода через металлические мембраны и гальванические покрытия. Взаимодействие водорода с металлами при электровыделении металлов из водных растворов. Роль структурных дефектов. Механизм внедрения водорода в металл, массоперенос электронов, адсорбционные слои.	1-9,13-18, 19-25

#### **10. Расчетно-графическая работа – учебным планом не предусмотрено**

#### **11. Курсовая работа**

учебным планом не предусмотрена

#### **12. Курсовой проект**

учебным планом не предусмотрен

#### **13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины М.1.3.3.2 «Физико-химия поверхностных процессов при электроосаждении покрытий» должна сформироваться профессиональная компетенция ПК-2.

Под компетенцией ПК-2 понимается способность к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования

научно-исследовательской работы. Формирования данной компетенции параллельно происходит в рамках учебных дисциплин «Интенсификация химико-технологических процессов физическими методами воздействия», «Приоритетные электрохимические технологии», «Инновационные технологии получения полимерных композиционных материалов», «Методика организации научных исследований», «Основы методики научных исследований», «Структура и свойства электрохимических покрытий», «Научные основы технологии модификации полимеров и композитов», Производственная (преддипломная) практика.

Код компетенции	Этап формирования	Цели освоения	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
ПК-2	2 семестр	Формирование способности к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования	Текущий контроль в форме: - отчет по лабораторным работам, - модуль, - зачет по дисциплине, - реферат	Вопросы	Отлично, Хорошо, Удовлетворительно, Неудовлетворительно

Для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины «Теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов», проводится промежуточная аттестация в виде зачета (с оценкой). Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине М.1.3.3.2 «Физико-химия поверхностных процессов при электроосаждении покрытий» включает учет успешности работы студента на лабораторных и практических занятиях, выполнения самостоятельной работы, тестовых заданий и сдачу зачета (с оценкой).

К зачету по дисциплине обучающиеся допускаются при условии:

1. Выполнения лабораторных работ, предоставления оформленных отчетов и выполнения заданий по всем лабораторным работам;
2. Проработки теоретического материала по каждой теме в соответствии с пунктом 9 рабочей программы;
4. Выполнения текущего контроля знаний.

Зачет сдается устно, по билетам, в которых представлено 3 вопроса из перечня вопросов к зачету. Оценивание проводится по принципу «отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно».

«Отлично» ставится при:

- полном и логически правильном, построенном ответе,
- умении оперировать специальными терминами,
- использовании в ответе дополнительного материала,
- иллюстрировании теоретических положений практическим материалом.

«Хорошо» ставится, когда в ответе могут иметься

- негрубые ошибки или неточности,
- затруднения в использовании практического материала,
- не вполне законченные выводы или обобщения.

«Удовлетворительно» ставится

- при полном ответе только на два вопроса.

«Неудовлетворительно» ставится при:

- неполном схематичном ответе,
- неумении оперировать специальными терминами или их незнании

### **Примерная тематика рефератов**

1. Теория процесса электрохимического выделения металлов на твердых электродах
2. Возможности электрохимических способов при получении новых материалов с заданными функциональными свойствами.
3. Кинетика и механизм катодного внедрения и интеркаллирования.
4. Теории образования зародышей при электроосаждении металлов..
5. Интерметаллические соединения и твердые растворы.
6. Хемосорбция
7. Морфология поверхности и влияние структуры осадка.
8. Взаимодействие водорода с металлами. Электронное строение систем металл-водород. Водородные соединения металлов (гидриды, интерметаллические соединения)
9. Диффузия и растворение водорода в металлах. Влияние данного процесса на свойства металла.
10. Водородная энергетика. Практическое значение проблемы.
11. Интерметаллические соединения металлов – «накопители» водорода. Методы синтеза ИМС. Преимущества электрохимических методов.

12. Влияние состава материала электрода на кинетику электроосаждения металлов из водных растворов.

13. Электросинтез оксидных ВТСП.

14. Строение двойного электрического слоя на ВТСП – оксидах. Исследование переноса заряда на электродах в сверхпроводящем состоянии- новый раздел кинетики электродных процессов.

15. Размерные эффекты. Наноструктуры, наноматериалы, нанотехнологии. Наноструктурирование.

16. Электрохимическое получение интерметаллических соединений методом катодного внедрения.

17. Исследование механизма зародышеобразования при электролитическом выделении металлов и сплавов в условиях гальвано- и потенциостатического режима.

18. Определение поверхностной концентрации дефектов и коэффициента диффузии в твердой фазе методом тонкопленочной хронопотенциометрии. Роль вакансий

#### **Перечень вопросов к зачету**

1. Современные проблемы теоретической электрохимии в гальванотехнике.
2. Термодинамическая и кинетическая картина возникновения двойного электрического слоя. Особенности электрохимического равновесия на мембранных электродах.
3. Строение двойного электрического слоя по теории Гельмгольца. Емкость двойного слоя, заряд поверхности, пограничное натяжение.
4. Расчет поверхностного натяжения, толщины двойного электрического слоя,  $\psi$ -потенциала по теории Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Эршлера-Грема.
5. Расчет адсорбции по теории Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Эршлера-Грема.
6. Возможные случаи перезарядки поверхности, ее причины и влияние на распределение скачка потенциала между плотной и диффузной частью д.э.с.
7. Мембранное равновесие. Природа двойных электрических слоев и скачков потенциала в диффузные части д.э.с.
8. Ион-молекулярное взаимодействие в растворах. Сольватация и гидратация ионов. Теплота и энергия сольватации. Методы определения и расчета энергии гидратации ионов.
9. Современные представления о кислотно-основном взаимодействии в растворах.
10. Твердые электролиты.

11. Электропроводность, абсолютные скорости движения ионов и их подвижности. Числа переноса.

12. Влияние свойств электролита и природы растворителя на электропроводность раствора. Правило Вальдена-Писаржевского.

13. Электропроводность твердых электролитов и полупроводников. Ионные сверхпроводники.

14. Диффузия ионов в растворах. Законы Фика, их приложение к растворам электролитов.

15. Методы определения коэффициентов диффузии электролита. Коэффициенты диффузии отдельных ионов.

16. Диффузионный потенциал. Термодинамическая практика диффузионного потенциала.

17. Методы диффузионного потенциала и методы его элиминирования.

18. Определение термодинамических величин ( $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $K_p$ ) на основе стандартных потенциалов электродов.

19. Термодинамическая устойчивость электродов в водных растворах. Диаграммы Пурбе.

20. Термодинамика электрических систем. Связь между тепловым эффектом и электрической энергией в обратимых электрохимических системах. Правило Томсона. . Особенности электрохимического равновесия на мембранных электродах.

21. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Температурный коэффициент эдс.

22. Проблема потенциала нулевого заряда, ее теоретическое и практическое значение. Методы определения потенциала нулевого заряда.

23. Методика снятия кривых дифференциальной емкости. Установка, измерительная схема. Требование к чистоте эксперимента.

24. Влияние поверхностно-активных веществ на форму кривых дифференциальной емкости.

25. Критерий стадийности стадии переноса заряда.

26. Критерий распознавания природы предельного тока.

27. Энергия активации электрохимической реакции, ее зависимость от перенапряжения.

28. Безбарьерные и безактивационные процессы.

29. Релаксационные явления в двойном слое.

30. Механизм твердофазных процессов массопереноса, методы его исследования. Роль структурных дефектов.

31. Роль адсорбции в электрохимических реакциях. Методы ее определения.
32. Сложные электрохимические реакции (электровыделение водорода и кислорода, электровыделение и анодное растворение металлов в кислых окислительных средах, электровосстановление анионов).
33. Особенности электрохимического равновесия на мембранных электродах
34. Пассивация. Модели для описания механизма процесса пассивации. Оксидные и солевые слои.
35. Методы исследования межфазной границы электрод - электролит.

#### **14. Образовательные технологии**

В рамках учебного курса, с целью повышения степени усвоения материала, предусмотрено чтение лекций с применением мультимедийных технологий.

Для выполнения задач и достижения цели обучения в учебной программе предусматривается самостоятельная работа магистранта, которая включает подготовку к практическим и лабораторным занятиям, самостоятельное изучение и анализ литературных источников по выбранной теме, оформление результатов самостоятельной работы в виде реферата.

Отчетность по самостоятельной работе проводится на зачетных конференциях. Проводится текущий контроль с целью оценки глубины усвоения материала по результатам и качеству оформления лабораторного практикума, эффективности работы на практических занятиях.

#### **15. Список основной и дополнительной литературы по дисциплине**

1. Еремин, В. В. Основы физической химии. В 2 ч. Ч. 1 : Теория : учебник / Еремин В. В. и др. - 5-е изд. , перераб. и доп. - Москва : Лаборатория знаний, 2019. - 351 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". (Учебник для высшей школы) - ISBN 978-5-00101-634-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001016342.html> (дата обращения: 19.01.2022). - Режим доступа: по подписке.
2. Салем, Р. Р. Физическая химия: Начала теоретической электрохимии / Р. Р. Салем. - 2-е изд. - М. : КомКнига, 2010. - 320 с. : ил. ; 21 см. - ISBN 978-5-484-01153-7: Экземпляры всего: 8
3. Гамбург, Ю. Д. Теория и практика электроосаждения металлов / Ю. Д. Гамбург, Дж. Зангари; пер. с англ. - 2-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 441 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". - ISBN 978-5-00101-809-4. - Текст :

электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/ru/doc/ISBN9785001018094-SCN0002.html?SSr=57013463c6086bbb69c550fyalymova> (дата обращения: 20.01.2022).  
- Режим доступа: по подписке.

4. Теоретическая электрохимия / А.Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шошина А.М. Тихонов. – М.: Студент, 2013. – 496 с. – 10 экз.

5. Газенаур, Е.Г. Методы исследования материалов: учебное пособие / Е.Г. Газенаур, Л.В. Кузьмина, В.И. Крашенинин. — Электрон. дан. — Кемерово : Издательство КемГУ (Кемеровский государственный университет), 2013.—336с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=44317](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44317) (дата обращения: 20.01.2022). -  
Режим доступа: по подписке.

6. Ялымова, Т.Ю. Теоретические и технологические основы получения композиционных электрохимических покрытий: учебное пособие для студентов направлений 18.04.01, 18.03.01 - Химическая технология, 18.04.02, 18.03.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, 20.03.01 - Техносферная безопасность, 21.03.01 - Нефтегазовое дело, перераб. и доп. /Ялымова Т.Ю., Соловьева Н.Д., Яковлев А.В. - Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2022. - 60 с. (3,75 печ. л.). - ISBN 978-5-9907993-2-5. Экземпляры всего: 30.

7. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – Долгопрудный: Изд-кий Дом «Интеллект», 2008. - 568 с. Экземпляры всего: 9.

8. Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. - Долгопрудный: Издат. Дом «Интеллект», 2008. - 424 с. Экземпляры всего: 9.

9. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпов, В.М. Матюнин; под ред. Г.П. Фетисова. – М.: Высшая школа, 2008. - 864 с. Экземпляры всего: 17.

### **Методические указания**

10. Ялымова Т.Ю. Дофазовое осаждение металла и его влияние на скорость и свойства электроосаждаемого покрытия: Методические указания к лабораторным работам по курсам «Приоритетные электрохимические технологии», «Теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов» для студентов направления 18.04.01 – Химическая технология, «Электрохимические технологии», «Методы исследования в электрохимии» для студентов направления 18.03.01 -



Химическая технология, «Основы электрохимической технологии» для студентов направления 22.03.01 - Материаловедение и технология материалов / Т.Ю. Ялымова, Н.Д. Соловьева – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2022. – 16 с. Экземпляры всего: 30

11. Ялымова Т.Ю. Композиционные электрохимические покрытия»: Методические указания к лабораторным работам по курсам «Приоритетные электрохимические технологии», «Теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов» для студентов направления 18.04.01 – Химическая технология; «Электрохимические технологии», «Методы исследования в электрохимии» для студентов направления 18.03.01 - Химическая технология, «Основы электрохимической технологии» для студентов направления 22.03.01 - Материаловедение и технология материалов / Т.Ю. Ялымова, Н.Д. Соловьева – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2022. – 20 с. Экземпляры всего: 30

12. Савельева Е.А. Самостоятельная работа студентов: методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки 18.03.01 Химическая технология Е.А. Савельева, Л.Н. Ольшанская, Н.Д. Соловьева, И.И. Фролова: - Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., кафедра «Химические технологии», 2021. - 37 с. — URL: <http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1008&tip=6> (дата обращения: 30.06.2021). Режим доступа: для авторизованных пользователей

### **Периодические издания**

13. Гальванотехника и обработка поверхности. Издательство ООО "Гальванотех" Режим доступа: [https://elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=7759](https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7759) Доступные архивы 20051-2020гг.

14. Журнал прикладной химии. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7798> Доступные архивы 2003 –2020гг.

15. Журнал физической химии:- РАН. - М.: Наука, 1930 - Выходит ежемесячно. - ISSN 0044-4537 Режим доступа: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7802> Доступные архивы 2001-2020гг.

16. Известия высших учебных заведений. Серия Химия и химическая технология. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=942222> Доступные архивы 2000-2020гг.

17. Электрохимия Режим доступа: [https://elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=8297](https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8297)  
Доступные архивы 2000-2020гг.

18. Электрохимическая энергетика Режим доступа:  
[https://elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=8296](https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8296) Доступные архивы 2007-2020гг.

Помимо этого с литературой по электрохимии и электрохимической технологии можно ознакомиться на сайтах:

19. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

20. Российское общество гальванотехников и специалистов в области обработки поверхности. Режим доступа: <http://www.galvanicrus.ru/>

21. Химический каталог. Режим доступа: <http://www.ximicat.com>

22. ГАЛЬВАНОТЕХНИКА И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ Режим доступа:  
<http://www.galvanotehnika.info/>

23. НПП Электрохимия. Режим доступа: <https://zctc.ru/>

24. Электрохимический портал. Режим доступа: <http://echemistry.ru/>

25. Завод гальванических покрытий и металлообработки. Режим доступа:  
<https://zctc.ru/catalog/galvanica%202>

26. <https://docplayer.ru/26878071-Metodicheskie-materialy-po-discipline-funkcionalnaya-galvanotehnika.html>

27. [Электронно-библиотечная система Лань](#)

28. ЭБС "Электронная библиотека технического ВУЗа"

29. Источники ИОС: Конспект лекций по дисциплине  
<http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=759&tip=5>

## **16. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):**

*Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 18 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук, подключенный в сеть с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint).

*Учебная аудитория для проведения занятий практического типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 18 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук, подключенный в сеть с

выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint).

*Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 20 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

#### Оборудование

1. Фотометр фотоэлектрический КФК-3-01
2. Источник питания HY1502D 0-15V-2A 2xLCD
3. Потенциостат IPC Compact
4. Потенциостат IPC Micro
5. Термостат LT-116в циркуляционный, цифровой терморегулирующий
6. Устройство зарядно-выпрямительное «Электроника»
7. Толщиномер покрытий ТТ210
8. Исследовательский автоматизированный комплекс на базе прямого материаловедческого микроскопа Axio Imager.A2m с оптикой от Zeiss отраженного света светлого/темного поля, с общим увеличением 100х, 1000х, с высокоразрешающей видеокамерой, ПК и весовым столом

Анализатор металлов X-MET 7500 (рентгенофлуоресцентный портативный энергодисперсионный спектрометр)

9. Ультразвуковой дефектоскоп A1214 EXPERT
10. Профилометр TR220
11. Весы электронные ВК - 600
12. Весы аналитические РА64С

Рабочую программу составил:

Профессор кафедры ТОХП



Соловьева Н.Д.