

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

Кафедра «Технология 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"

Форма обучения: очная

Объем дисциплины:

в зачетных единицах: 4 з.е.

в академических часах: 144 ак.ч.

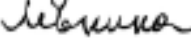
Рабочая программа по дисциплине «Теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов» направления подготовки 18.04.01 «Химическая технология», профиль «Химическая технология композиционных материалов и покрытий» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 18.04.01 «Химическая технология», утвержденным приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 №910.

Рабочая программа:

**обсуждена и рекомендована** к утверждению решением кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» от «06» июня 2024 г., протокол № 13.

Заведующий кафедрой ТОХП  /Левкина Н.Л./

**одобрена** на заседании УМКН от «14» июня 2024 г., протокол №5.

Председатель УМКН  /Левкина Н.Л./

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель преподавания дисциплины состоит в изучении теоретических основ электрохимического осаждения металлов и сплавов, установлении взаимосвязи экспериментальных данных по составу, структуре и свойствам осадков с механизмом и кинетикой образования новой фазы.

Задачами изучения дисциплины являются освоение научной методологии современной теоретической электрохимии применительно к процессам электрокристаллизации и фазообразования, и выработка у студентов магистерской подготовки навыков самостоятельной постановки, организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований, умения интерпретации и обобщения полученных результатов.

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

Дисциплина М.1.3.3.1 «Теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)».

## **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.

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

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-2 - Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования	<b>ИД-6<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-6<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	<b>Знать:</b> основные уравнения термодинамики, кинетики и механизма в процессах электрохимического фазообразования; <b>Уметь:</b> применять научно-техническую информацию по кинетике и механизму образования и роста новой фазы к анализу результатов исследования; <b>Владеть:</b> навыками интерпретации и обобщения результатов исследований для установления взаимосвязи свойств электрохимических осадков с кинетикой и механизмом их образования.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы очная форма обучения

Вид учебной деятельности	акад. часов	
	Всего	по семестрам
		2сем.
1. Аудиторные занятия, часов всего, в том числе:	64	64
• занятия лекционного типа,	32	32
• занятия семинарского типа:	-	-
практические занятия	16	16
лабораторные занятия	16	16
в том числе занятия в форме практической подготовки	-	-
2. Самостоятельная работа студентов, всего	80	80
– курсовая работа (проект)	-	-
3. Промежуточная аттестация: <i>экзамен, зачет с оценкой, зачет</i>		Зачёт с оценкой
Объем дисциплины в зачетных единицах	4	4
Объем дисциплины в акад. часах	144	144

#### 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием количества академических часов и видов учебных занятий

##### 5.1. Содержание дисциплины

##### **Тема 1. Современные проблемы теории электрохимического осаждения металлов и сплавов**

Основные направления развития современной теоретической электрохимии: кинетика и механизм электродных процессов; квантово-химические подходы; структура поверхности и ее роль в электрохимических превращениях; многостадийные электрохимические реакции применительно к ион-металлическим электродам. Сплавообразование путем катодного внедрения, соосаждения из растворов смеси солей, контактного вытеснения

##### **Тема 2. Процессы на межфазной границе электрод-электролит при катодной поляризации**

Реакционный слой на межфазной границе в системах с водным, апротонным и твердым электролитом. Основные стадии электрохимического процесса разряда-ионизации на границе раздела фаз. Лимитирующая стадия процесса. Роль ионов промежуточной валентности, методы их обнаружения. Энергия активации. Определение механизма процесса из экспериментальных зависимостей.

### **Тема 3. Кинетические закономерности электроосаждения металлов**

Работа образования зародыша. Разряд ионов и поверхностная диффузия. Механизм образования и роста зародыша. Физическая неоднородность поверхности. Влияние ПАВ на процесс формирования новой фазы. Работы Лошкарева. 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. Физическая неоднородность поверхности. Периодические явления при электроосаждении металлов. Осаждение металлов переменной валентности. Особенности электроосаждения металлов из комплексных электролитов. Вторичные процессы в прикатодном слое, пассивация катода. Зависимость пассивации катода от pH, природы аниона, перемешивания.

Электроосаждение металлов из растворов на основе органических растворителей.

### **Тема 4. Совместный разряд ионов металлов. Электроосаждение сплавов**

Механизм и кинетика электроосаждения сплавов путем совместного выделения из растворов смеси солей. Влияние состава электролита и режима электролиза на структуру, состав и свойства.

### **Тема 5. Катодное внедрение металлов в твердые электроды**

Отличительные особенности процесса катодного внедрения. Развитие теоретических представлений. Научное и практическое значение явления катодного внедрения. Механизм катодного внедрения. Вакансионный механизм диффузии. Междоузельный механизм. Стадии процесса катодного внедрения. Диффузионная и электрохимическая инжекция вакансий в электрод. «Разработка» электродов. 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. Гомогенные системы-твердые растворы и интерметаллические соединения. Фазовые диаграммы потенциал-состав.

### **Тема 6. Разряд-ионизация металлов на полупроводниковых электродах**

Особенности межфазной границы. Критерий стадийности. Ионы в неустойчивом промежуточном валентном состоянии. Явление интеркаллирования. Роль диффузионного массопереноса в реакции разряда-ионизации. Участие дефектов структуры в твердой фазе. Влияние природы катиона разряжающегося металла на величину плотности тока обмена. Влияние состава раствора и pH. Роль ПАВ.

## **Тема 7. Механизм формирования гальванических осадков металлов и сплавов в условиях совместного выделения водорода**

Электровосстановление водорода из кислой, нейтральной сред. Теоретические закономерности процесса. Влияние природы металла, состава электролита. 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.

### **5.2. Разделы, темы дисциплины и виды занятий очная форма обучения**

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Виды занятий, включая самостоятельную работу студентов (в академических часах)			Код индикатора достижения компетенции
		занятия лекционного типа	занятия семинарского типа / из них в форме практической подготовки	самостоятельная работа	
1.	Тема 1. Современные проблемы теории электрохимического осаждения металлов и сплавов	2	-	10	ИД-бПК-2
2.	Тема 2. Процессы на межфазной границе электрод-электролит при катодной поляризации.	6		10	ИД-бПК-2
3	Тема 3. Кинетические закономерности электроосаждения металлов	6		10	ИД-бПК-2
4	Тема 4. Совместный разряд ионов металлов. Электроосаждение сплавов	4		10	ИД-бПК-2
5	Тема 5. Катодное внедрение металлов в твердые электроды	6		10	ИД-бПК-2

6	Тема 6. Разряд-ионизация металлов на полупроводниковых электродах	2		20	
7	Тема 7. Механизм формирования гальванических осадков металлов и сплавов в условиях совместного выделения водорода	6		10	ИД-6ПК-2
	Итого	32		80	

### 5.3. Перечень практических занятий

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование практического занятия	Объем дисциплины в акад. часах
			очная форма обучения
1	Тема 1. Современные проблемы теории электрохимического осаждения металлов и сплавов	Перспектива развития гальванического модифицирования поверхности. Сравнительная характеристика гальванического способа с вакуумным напылением, лазерным нанесением, термическим способом и др. Предоставление отчёта по теме 1	2
	Тема 2. Процессы на межфазной границе электрод-электролит при катодной поляризации.	Решение задач по определению лимитирующей стадии электрохимического процесса. Расчёт перенапряжения диффузии, предельного тока диффузии, переходного времени процесса. Расчёт энергии активации электрохимического процесса.	4
	Тема 3. Кинетические закономерности электроосаждения металлов	Семинар по теме «Кинетические закономерности электроосаждения металлов». Решение задач по определению перенапряжения электрохимического процесса перенапряжения кристаллизации (использование экспериментальных данных). Анализ механизма зародышеобразования по экспериментальным гальваностатическому и потенциостатическому	4



		исследований.	
	Тема 4. Совместный разряд ионов металлов. Электроосаждение сплавов	Семинар по теме «Кинетические закономерности совместного электроосаждения металлов». Способы сближения электродных потенциалов при электроосаждении сплавов. Влияние состава электролита и режима электролиза на состав, структуру и свойства сплавов	2
	Тема 5. Катодное внедрение металлов в твердые электроды	Катодное внедрение как метод модифицирования поверхностных свойств изделий. Механизм и кинетические закономерности катодного внедрения. Потенциостатический метод изучения процесса (анализ механизма катодного внедрения по представляемым экспериментальным данным.)	2
2	Тема 7. Механизм формирования гальванических осадков металлов и сплавов в условиях совместного выделения водорода	Роль сопутствующего процесса выделения водорода в формировании катодного осадка. Решение задач по определению перенапряжения выделения водорода, кинетических характеристик процесса электровосстановления водорода	2
	<b>Итого</b>		<b>16</b>

#### 5.4. Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование лабораторного занятия	Объем дисциплины в акад. часах
			очная форма обучения
1	Тема 3. Кинетические закономерности электроосаждения металлов	<p>Определение коэффициента диффузии из электрохимических измерений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- гальваностатический метод;</li> <li>- потенциостатический метод;</li> <li>- потенциодинамический метод.</li> </ul> <p>Анализ механизма зародышеобразования по экспериментальным гальваностатическим и потенциостатическим исследованиям.</p>	8
2	Тема 4. Совместный	Композиционные	4

	разряд ионов металлов. Электроосаждение сплавов	электрохимические покрытия	
3	Тема 5. Катодное внедрение металлов в твердые электроды	Дофазовое осаждение металлов	4

### 5.5. Задания для самостоятельной работы студентов

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Объем дисциплины в акад. часах		
			очная форма обучения	очно-заочная форма обучения / ИПУ (при наличии)	заочная форма обучения / ИПУ (при наличии)
1	Тема 1. Современные проблемы теории электрохимического осаждения металлов и сплавов	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.	10	-	-
2	Тема 2. Процессы на межфазной границе электрод-электролит при катодной поляризации.	Энергия активации электрохимического процесса. Роль ионов промежуточной валентности при электроосаждении металлов и методы их обнаружения. Роль диффузии в электрохимических процессах. Законы Фика.	10	-	-

		Объединенный закон Фика-Фарадея			
3	Тема 3. Кинетические закономерности электроосаждения металлов	<p>Кинетика и механизм электроосаждения металлов и сплавов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- кинетические зависимости, их графическая интерпретация, определение <math>\alpha</math>, <math>i_0</math>, <math>k_s</math>, <math>D_{эфф}</math>, энергия активации, взаимосвязь между <math>i_{пред}</math>, <math>\tau</math> и <math>C_s</math>;</li> <li>-определение параметров зародышеобразования;</li> <li>-механизм сплавообразования;</li> <li>- природа лимитирующей стадии, ее влияние на характер зависимостей <math>i</math>-<math>E</math>, <math>i</math>-<math>t</math>, (<math>E=const</math>), <math>E</math>-<math>t</math> (<math>i=const</math>), <math>1/\omega C-R</math>,</li> <li>- критерии стадийности.</li> </ul>	10	-	-
4	Тема 4. Совместный разряд ионов металлов. Электроосаждение сплавов	<p>Кинетические закономерности электроосаждения сплавов. Способы сближения электродных потенциалов при электроосаждении сплавов. Типы сплавов. Ориентированное электроосаждение металлов и сплавов. Методы исследования состава, структуры и свойств сплавов. Периодические явления при электрохимическом сплавообразовании</p>	10	-	-
5	Тема 5. Катодное внедрение металлов в твердые электроды	<p>Катодное внедрение металлов в твердые электроды (металлы, сплавы, оксиды, графит): термодинамика, механизм, кинетические зависимости области</p>	10		

		применения. Твердые растворы и интерметаллические сплавы			
6	Тема 6. Разряд-ионизация металлов на полупроводниковых электродах	<p>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 соединения 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,</p>	20		

		<p>особенности строения, нестехиометрия по кислороду, влияние состава на критическую температуру перехода в состояние ВТСП, области применения.</p> <p>Колебательные окислительно-восстановительные процессы в многокомпонентных сплавах оксидных систем соединения</p>			
7	Тема 7. Механизм формирования гальванических осадков металлов и сплавов в условиях совместного выделения водорода	<p>Роль водорода при нанесении металлических осадков</p> <p>Адсорбция водорода на металлах и сплавах.</p> <p>Кинетика и механизм.</p> <p>Гидриды, интерметаллические соединения с водородом. Их свойства и применение.</p> <p>Проницаемость водорода через металлические мембраны и гальванические покрытия.</p> <p>Взаимодействие водорода с металлами при электровыделении металлов из водных растворов. Роль структурных дефектов.</p> <p>Механизм внедрения водорода в металл, массоперенос электронов, адсорбционные слои</p>	10		

## 6. Расчетно-графическая работа

*Расчетно-графическая работа не предусмотрена*

## 7. Курсовая работа

*Курсовая работа не предусмотрена*

## **8. Курсовой проект**

*Курсовой проект не предусмотрен*

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации**

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины М.1.3.3.1 «Теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов» 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 М.1.1.7

Интенсификация химико-технологических процессов физическими методами воздействия, М.1.2.4 «Приоритетные электрохимические технологии», М.1.2.5 «Инновационные технологии получения полимерных композиционных материалов», М.1.3.1.1 «Методика организации научных исследований», М.1.3.1.2 «Основы методики научных исследований», «Структура и свойства электрохимических покрытий», М.1.3.4.2

Научные основы технологии модификации полимеров и композитов, М.2.2.3 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-	Текущий контроль в форме: - отчет по лабораторны	Вопросы, задачи	4-х балльная шкала

		технической информации и результатов исследования	м работам, - реферат, - дифференцированный зачет по дисциплине,		
--	--	---	---	--	--

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.1.3.3.1 «Теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов» 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, когда обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, тесно увязывает теорию с практикой. Обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с заданиями, владеет навыками и приемами

выполнения практических работ, обнаруживает умение самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок;

«Хорошо» ставится, когда обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми навыками при выполнении практических заданий;

*«Удовлетворительно» ставится, когда обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий*

«Неудовлетворительно» ставится, когда обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические работы.

### **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. Строение двойного электрического слоя по теории Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна, Грэма.

3. Основные стадии электрохимического процесса разряда-ионизации на границе раздела фаз.

4. Лимитирующая стадия процесса. Природа лимитирующей стадии.

5. Роль диффузии в электрохимических процессах. Законы Фика.

6. Объединенный закон Фика-Фарадея.

7. Перенапряжение диффузии, предельный ток диффузии,

8. Переходное время процесса.

9. Электрохимический метод определения коэффициентов диффузии в электролите.

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

9. Образование ионов промежуточной валентности при электроосаждении многовалентных ионов, методы их обнаружения.

10. Критерий стадийности процесса переноса заряда.

11. Энергия активации электрохимической реакции, способы её определения.

12. Определение механизма процесса из экспериментальных данных потенциостатического исследования.

13. Определение механизма процесса из экспериментальных данных гальваностатического исследования.

14. Ион-молекулярное взаимодействие в растворах. Сольватация и гидратация ионов.

14. Состояния «ад-ион» и «ад-атом». Разряд ионов и поверхностная диффузия

15. Механизм образования дву- и трехмерных зародышей. Рост катодного осадка.

16. Перенапряжение кристаллизации. Понятие. Определение.

17. Физическая неоднородность поверхности. Влияние ПАВ на процесс формирования новой фазы. Работы Лошкарёва.

18. Механизм действия ПАВ.
19. Электроосаждение металлов из комплексных электролитов.
20. Кинетические закономерности совместного электроосаждения металлов.
21. Способы сближения электродных потенциалов при электроосаждении сплавов.
22. Влияние состава электролита и режима электролиза на состав , структуру и свойства сплавов.
23. Термодинамика катодного внедрения. Стадии реакции взаимодействия катиона раствора с металлом электрода.
24. Методы изучения кинетики катодного внедрения. Роль вакансий в кристаллической решетке металла электрода.
25. Сплавы, образующиеся при катодном внедрении.
26. Свойства материалов, полученных путём катодного внедрения. Их применение.
27. Механизм электровосстановления водорода из кислой, нейтральной и щелочной сред.
28. Роль сопутствующего процесса выделения водорода в формировании катодного осадка.
29. Водородные соединения металлов (гидриды, интерметаллические соединения). Примеры.
30. Анодное окисление металлов и сплавов.
31. Пассивация. Модели для описания механизма процесса пассивации. Оксидные и солевые слои.
32. Термодинамическая устойчивость электродов в водных растворах. Диаграммы Пурбе.
33. Твердые электролиты.
34. Особенности электрохимического равновесия на мембранных электродах



## 11. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 11.1. Рекомендуемая литература

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>. - 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>. - 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). - 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.

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

### **11.2 Периодические издания**

1. 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.

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

3. 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.

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

5. 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.

6. 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.

### **11.3. Нормативно-правовые акты и иные правовые документы**

*не используются*

#### **11.4 Перечень электронно-образовательных ресурсов**

1. Учебно-методические материалы по дисциплине «Теоретические основы электроосаждения металлов и сплавов» (электронный образовательный ресурс размещен в ИОС ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. <http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=105>)

2. Сайт ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. <http://techn.sstu.ru/>

#### **11.5 Электронно-библиотечные системы**

1. «ЭБС IPRbooks»

2. «ЭБС elibrary»

3. ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА

#### **11.6. Печатные и электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных для студентов с ограниченными возможностями здоровья (для групп и потоков с такими студентами)**

1. Адаптированная версия НЭБ, для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

*Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.*

#### **11.7. Печатные и электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных для студентов с ограниченными возможностями здоровья (для групп и потоков с такими студентами)**

Адаптированная версия НЭБ, для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

*Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.*

#### **12. Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных**

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных



технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

### **12.1 Перечень информационно-справочных систем**

1. Справочная система «Консультант Плюс».
2. Библиотека МГУ им М.В.Ломоносова. Химический факультет МГУ  
[www.chem.msu.su](http://www.chem.msu.su)
3. Российская национальная библиотека (РНБ) [www. nlr.ru](http://www.nlr.ru)

### **12.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения**

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

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

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде.

## **13. Материально-техническое обеспечение**

### *Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: рабочие места 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: рабочие места 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.

*Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий* укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: рабочие места обучающихся; рабочее место преподавателя, лабораторные столы. Оборудование

1. Фотометр фотоэлектрический КФК-3-01
2. Источник питания NY1502D 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 TT210
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
9. Анализатор металлов X-MET 7500 (рентгенофлуоресцентный портативный энергодисперсионный спектрометр)
10. Ультразвуковой дефектоскоп A1214 EXPERT
11. Профилометр TR220
12. Весы электронные ВК - 600
13. Весы аналитические РА64С

Рабочую программу составил:

профессор кафедры ТОХП



Соловьева Н.Д.

## 14. Дополнения и изменения в рабочей программе

**Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Председатель УМК института \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /