Приложение 5

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»
Инженерно-технический институт
Кафедра химии

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. директора института



Т. В. Пасько
«13» апреля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине 2.1.3 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Научная специальность: 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Уровень высшего образования: подготовка кадров высшей квалификации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Формы обучения: очная

год набора: 2026

Тамбов, 2026

Автор программы:
Доктор химических наук, профессор Цыганкова Людмила Евгеньевна

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры химии «13» апреля 2026 г. Протокол № 8

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины…… 4

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры……. 4

3. Объем и содержание дисциплины…… 4

4. Контроль знаний обучающихся……. 8

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины…… 9

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы……. 10

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины - Цель дисциплины – формирование знаний в области научно-исследовательской деятельности по профилю технологии электрохимических процессов и защиты от коррозии, теоретических основ электрохимии, металловедения, физической и органической химии, практических навыков и умений в осуществлении методов защиты металлов от коррозии.

1.2 Задачи дисциплины:

1.3 Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

-

Уметь:

-

Владеть:

-

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

Дисциплина «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии» относится к образовательному компоненту "Дисциплины (модули)" программы аспирантуры по научной специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Дисциплина «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии» изучается в 3 семестре.

3.Объем и содержание дисциплины

3.1.Объем дисциплины: 4 з.е.

Очная: 4 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	**144**
Контактная работа	8
Лекции (Лекции)	4
Практические (Практ. раб.)	4
Самостоятельная работа (СР)	100
Кандидатский экзамен	36

3.2.Содержание дисциплины:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лекции	Практ. раб.	СР	
		О	О	О	
3 семестр					

1	Теоретические основы электрохимии, металловедения, физической и органической химии	1	-	8	
2	Теоретические основы химического и электрохимическог о получения металлических покрытий	1	-	10	
3	Электролиз, электрохимически й синтез и размерная обработка материалов	1	-	10	
4	Химические источники электрической энергии	1	-	18	
5	Коррозия металлов в растворах электролитов	-	1	18	
6	Коррозионная стойкость металлов и сплавов	-	1	18	
7	Методы исследования электрохимически х процессов и способы коррозионных испытаний	-	2	18	

Тема 1. Теоретические основы электрохимии, металловедения, физической и органической химии

Лекция.

Термодинамическая возможность химических реакций. Основные закономерности гомогенных и гетерогенных химических реакций. Адсорбция на энергетически однородных и неоднородных поверхностях. Электрохимические системы и их термодинамическая особенность. Двойной электрический слой на границе твердое тело-раствор. Заряжение и разряд ДЭС. Кинетика электрохимических процессов. Лимитирующая стадия. Кинетика реакции восстановления растворенного кислорода и разряда ионов водорода. Поляризация и перенапряжение. Металлическая связь. Зонная теория металлов и полупроводников. Кристаллическая структура и дефекты кристаллической решетки. Диаграммы состояния и фазовый состав сплавов. Интерметаллические соединения. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Объемная и граничная диффузия в металлах и сплавах. Сегрегация фаз по границам зерен. Строение и классификация органических соединений. Кинетика и механизм анодных реакций с участием органических соединений с различными функциональными группами. Современное состояние и проблемы электрохимии органических соединений.

Практическое занятие.

не предусмотрено

Задания для самостоятельной работы.

1. Кинетика и механизм анодных реакций с участием органических соединений с различными функциональными группами.
2. Топливные элементы. Пористые диафрагмы и электроды.

Тема 2. Теоретические основы химического и электрохимического получения металлических покрытий

Лекция.

Виды гальванических покрытий и их назначение. Механизм и кинетика электрокристаллизации. Влияние природы и состава электролитов, условий осаждения на структуру и свойства гальванических покрытий. Блестящие осадки. Губчатые осадки и порошки. Рассеивающая способность электролитов. Электролиты и условия цинкования, меднения, никелирования, хромирования, получение осадков благородных металлов. Получение сплавов. Свойства гальванических осадков: твердость, пористость, структура.

Практическое занятие.

не предусмотрено

Задания для самостоятельной работы.

1. Виды топливных элементов.
2. Используемые электролиты. 3. Используемые электроды.
4. КПД топливных элементов.
5. Преимущества перед аккумуляторами.

Тема 3. Электролиз, электрохимический синтез и размерная обработка материалов

Лекция.

Особенности процессов электролиза. Законы электролиза. Электродные материалы и диафрагмы. Конструкции электролизеров с твердым катодом. Электролизеры для процессов в расплавленных средах на примере получения алюминия и магния. Характерные особенности процессов электросинтеза органических соединений. Многостадийные анодные и катодные процессы. Селективность процессов электрохимического окисления и восстановления. Электролиз при контролируемом постоянном потенциале. Электролиз на переменном токе. Примеры электросинтеза: кислородное соединение хлора. Димеризация, конденсация.

Практическое занятие.

не предусмотрено

Задания для самостоятельной работы.

1. Действие окислителей на металлы.
2. Анодная поляризация.
3. Окислители кислородсодержащие и бескислородные.

4. Сопоставление разных методов пассивации.

Тема 4. Химические источники электрической энергии

Лекция.

Основные типы гальванических элементов. Сухие элементы. Наливные и резервные гальванические элементы. Свинцовые (кислотные), кадмий- и железо-никелевые аккумуляторы. Реакции токообразования. Электрические характеристики. Аккумуляторы с литиевыми электродами и литиевыми сплавами. Неводные электролиты. Топливные элементы. Пористые диафрагмы и электроды.

Практическое занятие.

не предусмотрено

Задания для самостоятельной работы.

1. Влияние сероводорода на процесс коррозии.
2. Участие сероводорода в катодных реакциях на металле при протекании электрохимической коррозии.

Тема 5. Коррозия металлов в растворах электролитов

Лекция.

не предусмотрена

Практическое занятие.

Химический и электрохимический механизмы растворения металлов. Коррозия с кислородной и водородной деполяризацией. Другие активаторы коррозии (H_2S, CO_2 , SO_2, оксиды азота). Анодные процессы при коррозии металлов. Диаграммы Пурбе. Обобщенное кинетическое уравнение и кривые анодной поляризации активного и пассивного электрода. Механизмы пассивации. Вторичные процессы, влияние продуктов электрохимических реакций на их кинетику и механизм. Анодные процессы в органических и водно-органических средах. Анодное оксидирование. Электрополировка.

Задания для самостоятельной работы.

1. Виды бактерий, вызывающих микробиологическую коррозию металлов.
2. Жизненный цикл развития бактерий.
3. Методы подсчета количества микроорганизмов.

Тема 6. Коррозионная стойкость металлов и сплавов

Лекция.

не предусмотрена

Практическое занятие.

Анодное растворение сплавов в активном состоянии. Избирательное растворение: варианты и особенности. Коэффициент селективности. Механизм объемной диффузии. Влияние пассивации на коэффициент селективности. Питтинговая и межкристаллитная коррозия. Методы исследования и защиты металлов и сплавов от подобного поражения. Коррозия металлов в природных и промышленных средах. Классификация и механизм атмосферной коррозии. Коррозия под пленками влаги различного типа. Особенности катодного процесса на металлах, покрытых тонкими пленками влаги. Работы Ю.Н. Михайловского с сотрудниками. Аналитические выражения кинетики. Аналитические выражения кинетики атмосферной коррозии, учитывающие влияние природы пленок влаги, продолжительности процесса, природы и концентрации активатора. Подземная коррозия металлов. Почва как коррозионная среда. Механизм и контролирующие факторы подобного типа коррозии. Электролитическое сопротивление грунта и его влияние на уровень подземной коррозии. Коррозионно-стойкие сплавы на основе железа. Классификация их по химическому и фазовому составу. Структура и коррозионная стойкость, хромистые, хромоникелевые и хромоникельмолибденовые сплавы. Коррозионно-стойкие чугуны. Коррозионная стойкость сплавов на основе меди. Латуни, их обесцинкование. Магний, его сплавы и их коррозия в нейтральных и кислых средах. Титан, его сплавы, их коррозионная стойкость. Влияние фторид-ионов в нейтральных и кислых средах на коррозионное поведение титана, его сплавов и электронных аналогов (цирконий, гафний).

Задания для самостоятельной работы.

1. Защитные металлические покрытия.
2. Ингибиторы.
3. **Механизмы действия ингибиторов.**

Тема 7. Методы исследования электрохимических процессов и способы коррозионных испытаний

Лекция.

не предусмотрена

Практическое занятие.

Метол поляризационных кривых. Стадийное растворение металлов. Роль энергетической неоднородности. Кинетические уравнения процесса. Параллельно-последовательные реакции. Механизмы анодного растворения железа Хойслера, Бокриса, Колотыркина. Аномальное растворение металлов. Работы Я.М. Колотыркина с сотрудниками. Кинетика растворения металлов по химическому механизму. Деструкция растворителя и радикальные процессы при химическом растворении металлов. Роль растворителя, его природы и состава. Работы Фрумкина, Фольмера, Гейровского. Лимитирующая стадия реакции выделения водорода: Фольмера, Гейровского, Тафеля, латеральной диффузии. Критерии, характеризующие природу замедленной стадии. Катодное выделение водорода при сравнимых скоростях последовательных стадий. Особенности кинетики реакции выделения водорода на углеродных материалах и композитах на их основе. Диффузия водорода через мембрану. Различные формы адсорбированного водорода. Их роль в кинетике выделения водорода в газовую и твердую фазы. Классификация методов испытаний устойчивости конструкционных материалов к

различным видам коррозии. Гравиметрические испытания на коррозию в электролитических средах. Метод поляризационного сопротивления. Состояние молекул растворителя в ДЭС и их роль в кинетике ионизации металлов. Закономерности ионизации сольвофильных металлов.

Задания для самостоятельной работы.

1. Механизм Фольмера-Тафеля с первой лимитирующей стадией.
2. Механизм Фольмера-Гейровского со второй лимитирующей стадией.

4. Контроль знаний обучающихся

4.1. Формы текущего контроля работы аспирантов:

4. Контроль знаний обучающихся и оценочные средства

4.1 Оценочные средства текущего контроля

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме кандидатского экзамена

Вопросы кандидатского экзамена

1. Электромембранные технологии.
2. Электродиализ и электродиализаторы.
3. Электродные материалы. Конструкции электролизеров. Выход по току и энергии.
4. Электрический баланс электролизеров.
5. Аккумуляторы и топливные элементы.
6. Механизмы анодного растворения железа Хойслера, Бокриса, Колотыркина.
7. Химическая и электрохимическая полировка.
8. Анодный и катодный процессы при меднении. Качество осадков и природа электролита.
9. Механизмы реакции выделения водорода.
10. Электролитическое получение хлора и щелочи.

Задания для кандидатского экзамена

1. Вывести кинетическое уравнение процесса анодного растворения железа по механизму Хойслера.
2. Вывести кинетическое уравнение процесса анодного растворения железа по механизму Бокриса.
3. Вывести критериальные величины процесса катодного выделения водорода по механизму Фольмера.
4. Вывести критериальные величины процесса катодного выделения водорода по механизму Форльмера-Тафеля с лимитирующей реакцией Тафеля.
5. Показать графически, как можно определить порядок анодного растворения металла по ионам водорода в кислой среде.

4.3. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Основные показатели достижения результата
«отлично»	
«хорошо»	
«удовлетворительно»	
«неудовлетворительно»	

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература:

1. Акимов Г. В. Исследование коррозии металлов под напряжением : монография. - Москва: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1953. - 140 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=212431

2. Ангал Р. Коррозия и защита от коррозии : [учеб. пособие]. - Долгопрудный: Издат. Дом "Интеллект", 2013. - 344 с.

3. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е. Кинетика и механизм электродных реакций в процессах коррозии металлов : учеб. пособие для хим. фак. ун-тов. - Изд. 2-е, перераб. и доп.. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2010. - 127 с.

4. Лазуткина, О. Р. Химическое сопротивление и защита от коррозии : учебное пособие. - 2022-08-31; Химическое сопротивление и защита от коррозии. - Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. - 140 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: http://www.iprbookshop.ru/68511.html

5.3 Методические разработки:

1. № 8, 2013

2. Алексеев С. Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне : практическое пособие. - Изд. 2-е, перераб. и доп.. - Москва: Стройиздат, 1968. - 221 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=601737

3. Алехина О.В., Вервекина Н.В. Изучение кинетики электродных процессов на потенциостате-гальваностате IPC-Pro : метод. указания к лабор. практикуму по химич. сопротивлению материалов и защите от коррозии. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2010. - 25 с.

4. Вигдорович В.И., Тамб. гос. ун-т им. Г.Р.Державина Проблемы коррозии и защиты металлов : сб. науч. работ химических кафедр. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2007. - 272 с.

5.3 Иные источники:

1. Сайт Тамбовского государственного университета http://tsutmb.ru - http://tsutmb.ru

2. учебные материалы на сайте кафедры физхимии Ростовского ГУ - http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/

3. учебные материалы на сайте химического факультета МГУ - http://www.chem.msu.su/rus/chemistry

4. учебные материалы на сайте химического фак-та Красноярского ГУ - http://kristall.lan.krasu.ru/Education

5. Химическая энциклопедия на сайте «Химик.ру» - http://www.xumuk.ru/encyklopedia/

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Google Chrome

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Microsoft Windows 10

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. БД Springer Nature 2023 eBook Collections . – URL:

2. ЭБС «Юрайт»: (ВО и СПО). – URL:

3. Электронная библиотека ТГУ. – URL:

4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» . – URL: http://www.biblioclub.ru

5. Web of Science: политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных . – URL: https://apps.webofknowledge.com

6. Тамбовская областная универсальная научная библиотека им. А.С. Пушкина: официальный сайт. – URL: http://www.tambovlib.ru

7. Springer Journal – база данных журналов коллекции Springer Journal изд-ва Springer Nature (1997-2015 гг.). – URL: https://link.springer.com

8. Scopus: база данных . – URL: https://www.scopus.com

Электронная информационно-образовательная среда

https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz

Взаимодействие преподавателя и аспиранта в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.