

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО ВГУ)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий

кафедрой

физической химии

д.х.н., доц. О.А. Козадеров

03.06.2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.01.01 Коррозия металлов и методы  
защиты от коррозии**

1. Код и наименование направления подготовки: 04.03.01 Химия
2. Профиль подготовки: Химия
3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр
4. Форма образования: Очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 1004 Физической химии
6. Составитель программы: Бобринская Елена Валерьевна, к.х.н., доцент
7. Рекомендована: НМС химического факультета от 27.03.2025, протокол № 10-03
8. Учебный год: 2027/ 2028                      Семестр: 5

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование компетенций обучающегося в области общих закономерностей процессов окислительно-восстановительного взаимодействия металлов с агрессивными средами;

- освоение фундаментальных законов науки применительно к химической и электрохимической коррозии металлов и сплавов, а также выбора оптимальных методов защиты от коррозии с целью защиты окружающей среды и эффективной организации работы химического производства

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать у обучающихся систему знаний в области термодинамики и кинетики парциальных процессов химической и электрохимической коррозии;

- ознакомить с базовыми методами, используемыми при проведении коррозионных испытаний;

- обучить методам защиты окружающей среды и снижению антропогенной нагрузки посредством грамотного выбора мер противокоррозионной защиты металлов.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули).

Для изучения данной учебной дисциплины требуются базовые знания материала по разделам математики, физики, физической химии; умение проводить математические, физические расчеты с привлечением необходимого математического аппарата, физических и химических формул, химических реакций.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен проводить сбор, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК -1.1	Обеспечивает сбор научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации	Знать : порядок организации, планирования, ведения эксперимента, основные источники научно-технической информации. Уметь: проводить поиск научной, технической и патентной информации. Владеть: навыками обработки и анализа полученной информации, необходимой для решения исследовательских задач при составлении аналитического обзора
		ПК-1.2	Составляет аналитический обзор литературных источников по заданной тематике, оформляет отчеты о выполненных	Знать: порядок организации, планирования, ведения эксперимента. Уметь: при составлении аналитического обзора обрабатывать и анализировать полученную информацию, необходимую для решения поставленной исследовательской задачи .

			научно-исследовательских работах по заданной форме	Владеть: навыками представления результатов работы в виде печатных материалов
ПК-2	Способен использовать современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы для установления структуры и исследования реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации	ПК-2.1	Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления структуры химических соединений	Знать физико-химические свойства веществ, обуславливающие выбор методов работы с ними. Уметь: выполнять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства. Владеть: навыками самостоятельной экспериментальной работы с лабораторным оборудованием и оценки результатов выполненных измерений.
		ПК-2.2	Способен изучать реакционную способность химических соединений с применением типовых экспериментальных и расчетно-теоретических методов	Знать: основы и возможности типовых экспериментальных и расчетных методов, необходимых для выполнения экспериментальной задачи. Уметь: применять современные экспериментальные и расчетные методы для оценки коррозионной стойкости металлических образцов и агрессивности коррозионной среды. Владеть: навыками самостоятельной обработки и интерпретации результатов коррозионных испытаний, составления протоколов испытаний, отчетов о выполненной работе по заданной форме

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 4/144.**

**Форма промежуточной аттестации** Зачет

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			№ 5		...
Аудиторные занятия		108	108		
в том числе:	лекции	36	36		
	практические	36	36		
	лабораторные	36	36		
Самостоятельная работа		36	36		
Итого:		144	144		

**13.1. Содержание дисциплины**

№	Наименование раздела	Содержание раздела дисциплины	Реализация
---	----------------------	-------------------------------	------------

п/п	дисциплины		раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основные понятия и предмет курса	Определение понятия «коррозия металла». Химическая и электрохимическая коррозия. Объекты коррозионной науки. Виды коррозионных поражений металла. Скорость коррозии. Значение науки о коррозии.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
1.2	Термодинамические предпосылки и кинетические особенности газовой коррозии	Оценка термодинамической устойчивости металлов к газовой коррозии. Жаростойкость и жаропрочность. Влияние температуры на склонность металлов к окислению. Элементарные стадии процесса газовой коррозии. Законы роста пленок продуктов коррозии на металле. Сплошные (защитные) и несплошные пленки. Влияние различных факторов на скорость газовой коррозии.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
1.3	Термодинамика электрохимической коррозии.	Коррозия металла как самопроизвольный окислительно-восстановительный процесс. Термодинамические предпосылки коррозии. Диаграммы потенциал—рН (диаграммы Пурбе).	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
1.4	Метод коррозионных диаграмм.	Экспериментальное доказательство электрохимического механизма коррозии. Графическое представление кинетики коррозионного процесса. Принцип независимого протекания парциальных процессов коррозии: каноническая и современная формулировка. Коррозионные диаграммы Вагнера-Трауда и Эванса. Коррозионные диаграммы при наличии в агрессивной среде двух окислителей, электрическом контакте металлов и пассивации металла. Положительный и отрицательный разностный эффект.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
1.5	Кинетика парциальных катодных процессов коррозии.	Кинетика восстановления растворенного кислорода. Кислые и щелочные среды. Роль диффузионного массопереноса. Кинетика выделения водорода из кислых и щелочных сред. Влияние природы металла. Определение характера катодного процесса по реальной поляризационной кривой выделения водорода. Специфика одновременного восстановления кислорода и водородных ионов на металлическом электроде.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
1.6	Кинетика парциальных анодных процессов коррозии.	Общая характеристика анодных процессов на металле. Полная анодная потенциостатическая кривая металла. Контролирующие факторы анодного растворения металла в активном	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от

		состоянии. Кинетика анодного растворения меди и железа Кинетика анодных процессов на никеле, цинке, серебре. Равномерный и селективный характер растворения сплавов и интерметаллических фаз.	коррозии"
1.7	Теоретические основы электрохимической коррозии	Коррозия с водородной деполяризацией. Влияние природы металла и pH среды на скорость процесса. Роль структуры двойного электрического слоя. Ингибирование коррозионного процесса. Пассивация металла и пассиваторы. Катодная и протекторная защита. Локальные виды коррозии. Коррозия с кислородной деполяризацией Коррозия в обескислороженных средах. Пассивное состояние металла. Теории пассивности. Коррозия металла в пассивном состоянии.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
1.8	Некоторые практические виды коррозии.	Морская коррозия, методы ее изучения. Морская коррозия меди и сталей. Коррозия по ватерлинии. Протекторная защита от морской коррозии. Особенности коррозии в почвах. Влияние характера почв на скорость коррозии. Локальные виды коррозии. Теория питтинга. Щелевая, межкристаллитная и транскристаллитная коррозия. Ингибиторы, их классификация и механизмы действия. Роль адсорбции ингибитора. Пассиваторы и депассиваторы.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
1.9	Экспериментальные методы исследования процесса коррозии	Качественные и количественные показатели коррозионного разрушения. Методика проведения испытаний коррозионного поведения металлических материалов. Электрохимические методы определения скорости коррозии.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Термодинамические предпосылки и кинетические особенности газовой коррозии	Оценка термодинамической устойчивости металлов к газовой коррозии. Влияние температуры на склонность металлов к окислению. Расчет скорости коррозии. Законы роста пленок продуктов коррозии на металле (линейный, параболический и логарифмический).	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
2.2	Термодинамика электрохимической коррозии.	Коррозия металла как самопроизвольный окислительно-восстановительный процесс. Диаграммы потенциал—рН меди, алюминия и железа.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
2.3	Метод коррозионных диаграмм.	Коррозионные диаграммы Эванса. Практическое построение коррозионных	ЭУМК "Коррозия

		диаграмм при наличии в агрессивной среде двух окислителей, при контакте металлов и в случае пассивации металла.	металлов и методы защиты от коррозии"
2.4	Кинетика парциальных катодных процессов коррозии.	Кинетика восстановления растворенного кислорода. Кинетика выделения водорода из кислых сред, влияние природы металла. Практическое построение поляризационных кривых. Определение характера катодного процесса по реальной поляризационной кривой выделения водорода.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
2.5	Кинетика парциальных анодных процессов коррозии.	Кинетика анодного растворения меди и железа в сульфатных средах. Практическое построение поляризационных кривых. Кинетика анодного растворения латуней в хлоридных средах.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
2.6	Теоретические основы электрохимической коррозии	Практическое построение коррозионных диаграмм при коррозии с водородной деполяризацией. Прогнозы влияния природы металла и pH среды на скорость процесса. Ингибирование коррозионного процесса, Катодная и протекторная защита на коррозионных диаграммах. Практическое построение коррозионных диаграмм при коррозии с кислородной деполяризацией.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
2.7	Некоторые практические виды коррозии	Морская коррозия Моделирование морской коррозии меди и сталей. Коррозия по ватерлинии. Протекторная защита от морской коррозии. Локальные виды коррозии. Наблюдение питтинговой коррозии на меди и железе. Ингибиторы кислотной коррозии. Моделирование действия ингибиторов.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Термодинамика электрохимической коррозии.	1. Электрод I рода. 2. Электрод II рода.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
3.2	Теоретические основы электрохимической коррозии	1. Водородный электрод 2. Химические цепи.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
3.3	Метод коррозионных диаграмм.	1. Влияние состава электролита на эффективность работы коррозионного элемента 2. Определение скорости коррозии короткозамкнутого гальванического элемента.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"

3.4	Кинетика парциальных катодных и анодных процессов	1. Кинетика электрохимического восстановления кислорода. 2. Установление кинетических закономерностей катодного выделения водорода 3. Анодное поведение меди в кислых хлоридных растворах.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"
3.5	Некоторые виды коррозии	1. Контактная коррозия металлов. 2. Гравиметрическое определение скорости коррозии железа в различных электролитах. 3. Питтинговая коррозия меди. 4. Селективная коррозия.	ЭУМК "Коррозия металлов и методы защиты от коррозии"

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные понятия и предмет курса	3	-	—	-	3
2	Термодинамические предпосылки и кинетические особенности газовой коррозии	3	3		5	17
3	Термодинамика электрохимической коррозии.	3	3	4	5	14
4	Метод коррозионных диаграмм.	6	6	8	6	20
5	Кинетика парциальных катодных процессов коррозии.	3	3	4	5	23
6	Кинетика парциальных анодных процессов коррозии.	3	3	4	5	17
7	Теоретические основы электрохимической коррозии	3	3	4	4	16
8	Некоторые практические виды коррозии.	6	6	8	4	18
9	Методы коррозионных испытаний	6	6	4	2	16
	Итого	36	36	36	36	144

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студенты знакомятся с теоретическим материалом в ходе лекционного курса, самостоятельно прорабатывая его с использованием рекомендованной учебной

литературы и учебно-методических пособий (п. 15-16). Лабораторные и практические занятия проводятся с целью:

1. Проработки теоретических основ изучаемых процессов и электрохимических методов.
2. Обучения основным приемам проведения расчетов характеристик коррозионных процессов.
3. Выполнения практической части работы (получение экспериментальных результатов или решение расчетной задачи).
4. Обработки полученных экспериментальных результатов или обоснование результатов расчетной задачи.

На лабораторных занятиях студенты либо индивидуально, либо в составе малой группы выполняют учебно-исследовательскую работу. В ходе лабораторных работ студенты приобретают навыки обращения с химическими реактивами и лабораторным оборудованием, самостоятельно осуществляют эксперимент, регистрируют, анализируют и интерпретируют результаты. Защита лабораторной работы включает оформление результатов, устную беседу с преподавателем о полученных данных и основных теоретических понятиях по теме работы.

На практических занятиях студенты сначала в составе учебной группы решают практические задания (расчетные задачи, обсуждение конкретной проблемы по теме курса) с участием преподавателя, который при необходимости может помочь в поиске верного решения или ответа на конкретный вопрос. В этом случае студент может использовать материалы лекций, информационные и электронно-образовательные ресурсы. Затем каждый студент самостоятельно решает либо расчетную задачу, пример которой обсуждался в учебной группе, либо отвечает на теоретический вопрос по предложенной теме. Самостоятельная работа предполагает использование только калькулятора для решения расчетной задачи и необходимых справочных данных (предоставляется преподавателем). Самостоятельная работа оценивается преподавателем как "зачтено" (в случае верного решения или ответа на вопрос) и "незачтено", когда задание выполнено неверно.

Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы студентов (ПК-1 и ПК-2). Она включает решение расчетных задач на практических занятиях, отчеты по лабораторным работам, выполнение домашних заданий к лекционным занятиям. При подготовке к текущей аттестации студенты изучают рекомендованную преподавателем литературу по темам лекционных и лабораторных занятий, самостоятельно осваивают понятийный аппарат и закрепляют теоретические знания. Планирование и организация текущей аттестации знаний, умений и навыков осуществляется в соответствии с содержанием рабочей программы и календарно-тематическим планом с применением фонда оценочных средств. Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются по выбору преподавателя в балльной системе или как "зачет"/"незачет" и могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей. Для лиц с нарушением слуха информация по учебной дисциплине предоставляется на бумажном или электронном носителе, допускается присутствие ассистентов и сурдопереводчиков на занятиях. Промежуточная аттестация для таких студентов проводится в письменной форме с общими критериями оценивания; при необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации с использованием программ-синтезаторов речи, а также использование звукозаписывающих устройств на лекциях. На занятиях также может присутствовать ассистент. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование; время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Студенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата могут проходить часть занятий дистанционно. Промежуточная аттестация для них проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.



При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : [учебное пособие для студ., обуч. по направлению подгот. «Химия»] / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. - Изд. 3-е, испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 670 с
2	Коррозия и защита металлов : учебно-методическое пособие. 1. Методы исследований коррозионных процессов / Н. Г. Россина, Н. А. Попов, М. А. Жиликова, А. В. Корелин ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. 111 с. : ил., табл. ISBN 978-5-7996-2578-8 (ч. 1). – ISBN 978-5-7996-2577-1 (общ.).
3	Попова, А. А. Методы защиты от коррозии. Курс лекций [Электронный ресурс] / Попова А. А. 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург : Лань, 2022. 272 с. ISBN 978-5-8114-1721-6.

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Ангал Р. Коррозия и защита от коррозии. Перевод с англ. /Р. Ангал.-Изд. 2-е.- Долгопрудный. Интеллект, 2014.-345 с.
2.	Анодное растворение и селективная коррозия сплавов / И.К. Маршаков [и др.]. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1988. – 288 с.
3.	Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии : [ учебное пособие для студ., вузов] / И.В. Семенова. – М.: Физматлит, 2012. – 373 с.
4.	Ангал, Р. Коррозия и защита от коррозии = Principles and Prevention of Corrosion : учебное пособие / Р. Ангал ; перевод с английского А. Д. Калашникова. 2-е изд. Долгопрудный : Издательский дом "Интеллект", 2014. 343 с. : ил., табл. ; 22 см. ISBN 978-5-91559-186-7.
5.	Кеше Г. Коррозия металлов. Физико-химические принципы и актуальные проблемы / Г. Кеше : пер. с нем. – М. : Металлургия, 1984. – 400 с.
6.	Новгородцева, О. Н. Коррозия металлов и методы защиты от коррозии : учебное пособие / О. Н. Новгородцева, Н. А. Рогожников ; Новосибирский государственный технический университет. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. 164 с. : ил., табл. URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575508">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575508</a> . ISBN 978-5-7782-3843-5.
7.	Тюрина, С. А. Коррозия и защита металлов и сплавов. Практикум [Электронный ресурс] / Тюрина С. А., Тронза Е. И., Дальская Г. Ю., Юдин Г. А. Москва : РТУ МИРЭА, 2022. 55 с.
8.	Тюрина, С. А. Коррозия и защита металлов и сплавов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Тюрина С. А., Дальская Г. Ю. Москва : РТУ МИРЭА, 2021. 170 с. URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/182589">https://e.lanbook.com/book/182589</a> .
9.	Рогова, Людмила Иннокентьевна. Коррозия и защита металлов : практикум / Л.И. Рогова, Л.В. Крупнов. Норильск : НГИИ, 2019. 134 с. ISBN 978-5-89009-704-0 : 1,00.
10.	Лихачёв, В. А. Коррозия и защита металлов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Лихачёв В. А. Киров : ВятГУ, 2017. 97 с.
11.	Новгородцева, О. Н. Коррозия металлов и методы защиты от коррозии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Новгородцева О. Н., Рогожников Н. А. Новосибирск : НГТУ, 2019. 162 с. ISBN 978-5-7782-3843-5.
12.	Лучкин, Р. С. Коррозия и защита металлических материалов (структурные и химические факторы) [Электронный ресурс] : электронное учебное пособие /

	Лучкин Р. С. Тольятти : ТГУ, 2017. 269 с. ISBN 978-5-8259-1160-1.
13.	Березина, С.Л. Коррозионные процессы в природных и технологических средах : учеб. пособие / Н.Н. Двуречанская, Ю.А. Пучков; С.Л. Березина .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020 .— 89 с. : ил. — ISBN 978-5-7038-5448-8 .— URL: <a href="https://rucont.ru/efd/776459">https://rucont.ru/efd/776459</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2.	<a href="http://www.en.edu.ru/">http://www.en.edu.ru/</a> - Естественно-научный образовательный портал - является составной частью федерального портала "Российское образование". Содержит ресурсы и ссылки на ресурсы по естественно-научным дисциплинам (физика, химия и биология).
3.	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a> - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
4.	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.
5.	Информационно-телекоммуникационная система «Контекстум» (Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ») <a href="http://www.rucont.ru">www.rucont.ru</a>
6.	ЭБС «Университетская библиотека on-line» естественные дисциплины. Доступ осуществляется по адресу: <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Козадеров О.А. Массоперенос и фазообразование при анодном селективном растворении гомогенных сплавов : монография / О.А. Козадеров, А.В. Введенский. – Воронеж : ИПЦ «Научная книга», 2014. – 288 с.
2	Сборник вопросов и задач по прикладной электрохимии : учебно-методическое пособие / составители: Е. В. Бобринская, Н. В. Соцкая, О. А. Козадеров .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019 .— 79 с.
3	Введенский А.В. Сборник примеров и задач по электрохимии : учебное пособие / А.В. Введенский, С.А. Калужина, Т.А. Кравченко и др. Под ред. А.В. Введенского и О.А. Козадерова. – СПб.: Лань, 2018. – 208 с.
4	Кинетика электрохимических процессов. Граница раздела заряженных фаз. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие : для студентов 2, 3 и 4 курсов химического факультета, для направления 04.03.01 "Химия" и специальности 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" / Воронежский государственный университет ; составители: Е. В. Бобринская [и др.]. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2022. 1 файл (3,8 Мб).
5	Электропроводность. Кинетика электрохимических процессов [Электронный ресурс] : лабораторный практикум : учебно-методическое пособие : [для студ. 2-го и 3-го курсов хим. фак. Воронеж. гос. ун-та, для направлений: 04.03.01-Химия, 04.03.02- Химия, физика и механика материалов и специальности 04.05.01- Фундаментальная и прикладная химия] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: О.А. Козадеров, А.В. Введенский, Е.В. Бобринская, В.Ю. Кондрашин, И.В. Протасова; науч. ред. О.А. Козадеров] Электрон. текстовые дан. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021
6	Равновесные электродные системы. Потенциометрия [Электронный ресурс] : лабораторный практикум : учебно-методическое пособие : [для студ. 2-го и 3-го курсов хим. фак. Воронеж гос. ун-та, для направлений: 04.03.01- Химия, 04.03.02- Химия, физика и механика материалов и специальности 04.05.01-

### 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

При реализации учебной дисциплины используются классические образовательные технологии без замены аудиторных занятий (лекции, практические и лабораторные) на ДОТ. Проведение текущей аттестации осуществляется в устной форме в виде ответов на вопросы по материалу курса на практических занятиях, защиты лабораторных работ на лабораторных занятиях, решения задач на практических занятиях и выполнение письменных самостоятельных заданий для контроля самостоятельной работы студента. Элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров могут быть использованы при работе со студентами с ограниченными возможностями или при проведении тестирования по курсу.

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционные и практические занятия - Учебная аудитория 167: типовое оборудование учебной аудитории, доска, ноутбук, проектор, экран.

Программные продукты, Microsoft Windows WinSvrStd 2012 RUS OLP; NL Acdmc 2 Proc; ПО ЭВМ MicrosoftImagine; Premium Renewed Subscription

Лабораторные занятия

Лаборатория общего практикума по физической химии (Электрохимия), лаб. 177: химические лабораторные столы, вытяжной шкаф, наборы химической посуды, реактивы, нагревательные приборы, реактивы, доска ученическая, шкаф вытяжной, водяная баня, термостат, комплексная лаборатория по физической химии (термодинамики и кинетика), весы аналитические, мультиметры, источники питания, сушильный шкаф, аквадистиллятор. потенциостат-гальваностат IPC-compact, компьютеры, учебно-лабораторный комплекс «УЛК-1» «Электрохимия», мультитест ИПЛ-1 Учебно-лабораторный комплекс «Физическая и коллоидная химия»: - модуль «Фазовое равновесие»; модуль «Кинетика»; учебно-лабораторный комплекс «УЛК-1» - «Тепловые эффекты»; учебно-лабораторный комплекс «Физическая и коллоидная химия»: - модуль «Термодинамика»

Помещение для самостоятельной работы обучающихся, ауд. 271 - Дисплейный класс. Учебная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ - 12 шт, принтер лазерный HP - 3 шт, мультимедиа-проектор 2 шт, ноутбук, экран на треноге

### 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Основные понятия и предмет курса.	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Решение практических задач, устный опрос
2.	Термодинамические предпосылки и	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Решение практических задач, устный опрос

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	кинетические особенности газовой коррозии			
3	Термодинамика электрохимической коррозии.	ПК-1; ПК-2	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-2.2	<i>Устный опрос, протокол лабораторных работ, контрольная работа (КИМ).</i>
4	Метод коррозионных диаграмм.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	<i>Устный опрос, протокол лабораторных работ, контрольная работа (КИМ).</i>
5	Кинетика парциальных катодных и анодных процессов коррозии.	ПК-1; ПК-2	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-2.2	<i>Устный опрос, протокол лабораторных работ, контрольная работа (КИМ).</i>
6	Некоторые практические виды коррозии.	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	<i>Устный опрос, контрольная работа (КИМ).</i>
7	Методы коррозионных испытаний	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	<i>Устный опрос, протокол лабораторных работ, контрольная работа (КИМ).</i>
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				<i>Перечень вопросов КИМ к зачету</i>

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: лабораторные работы, тесты, контрольные работы, индивидуальные проекты (доклады).

#### Примеры заданий входящих в комплект тестов:

1. Какое из приведенных утверждений не может быть отнесено к характеристике электрохимической коррозии
  - а) процесс растворения металла происходит при взаимодействии с агрессивной газовой средой;
  - б) коррозионный процесс это работа микрогальванических элементов; в) при высоких температурах одновременно с окислением происходит обезуглероживание углеродистых сталей;
  - г) коррозия протекает в сухой атмосфере
2. К электрохимической коррозии относятся коррозионные процессы протекающие:
  - а) в продуктах переработки нефтей;
  - б) в органических веществах;
  - в) в растворах электролитов;
  - г) при горячей прокатке металлов
3. При электрохимической коррозии:
  - а) протекают реакции анодного восстановления металла и катодного окисления восстановителя
  - б) протекают реакции анодного окисления металла и катодного восстановления окислителя
  - в) протекают реакции анодного восстановления металла и катодного восстановления деполяризатора

4. Медная гайка накручена на болт, изготовленный из железа. Какая из этих деталей будет разрушаться первой при коррозии во влажном воздухе  
 а) гайка; б) болт; в) болт и гайка; г) детали корродировать во влажном воздухе не будут
5. Условная запись коррозионного гальванического микроэлемента, возникающего при коррозии железа в нейтральном растворе имеет вид:  
 а)  $\text{Fe}|\text{H}^+|\text{C}$ ; б)  $\text{Fe}|\text{H}_2\text{O}|\text{C}$ ; в)  $\text{Fe}|\text{Fe}^{3+}, \text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{Fe}$ ;  
 г)  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; д)  $\text{Fe}|\text{H}_2\text{OO}_2|\text{Cu}$
6. Укажите, в паре с каким металлом железо будет подвергаться наиболее интенсивной коррозии:  
 а) железо – магний; б) железо – медь; в) железо – цинк; г) железо – железо.
7. Условия, способствующие электрохимической коррозии:  
 а) положение металлов в ряду напряжений, чем дальше расположены металлы друг от друга в ряду, тем медленнее происходит коррозия;  
 б) чистота металла (с примесями металлы быстрее подвергаются коррозии);  
 в) наличие сухой атмосферы;  
 г) отсутствие деполяризатора
8. При контакте Cu и Fe в растворе кислоты  
 а) железо будет растворяться  
 б) железо будет восстанавливаться  
 в) медь будет растворяться  
 г) будет выделяться кислород
9. При коррозии меди в кислой среде деполяризатором является:  
 а) ионы гидроксония; б) ионы кислотного остатка; в) вода; г) растворенный кислород
10. Способ защиты от коррозии, при котором в рабочую среду вводят вещества, уменьшающие агрессивность среды, называют  
 а) лужением  
 б) цинкованием  
 в) протекторной защитной  
 г) ингибированием
11. Скорость какого процесса может определять общую скорость коррозии:  
 а) только катодного; б) только анодного; в) это зависит от поляризуемости анода и катода; г) это зависит от электропроводности раствора электролита и поляризуемости анода и катода.
12. Диаграммы Пурбэ для металлов помогают оценить:  
 а) возможность коррозионного процесса в данных условиях; б) скорость коррозионного процесса в данных условиях; в) поляризуемость анода и катода; г) степень анодного и катодного контроля при коррозии.
13. При нарушении покрытого цинком железа:  
 а) будут подвергаться коррозии оба металла  
 б) будет подвергаться коррозии железо  
 в) будет подвергаться коррозии цинк  
 г) коррозия станет невозможна
14. При нарушении покрытого оловом железа:  
 а) будут подвергаться коррозии оба металла  
 б) будет подвергаться коррозии олово  
 в) будет подвергаться коррозии железо  
 г) коррозия станет невозможна
15. Вставьте пропущенное слово ,,,,, потенциал это .... гальванического элемента, составленного из исследуемого(катод) и стандартного ... электрода (анод), при условии, что на жидкостной границе ..... диффузионный потенциал и .... всех компонентов равны ....

#### Перечень лабораторных работ:

1. Электрод I рода.
2. Электрод II рода. Водородный электрод
3. Химические цепи. Влияние состава электролита на эффективность работы коррозионного элемента
4. Определение скорости коррозии короткозамкнутого гальванического элемента.

5. Кинетика электрохимического восстановления кислорода.
6. Установление кинетических закономерностей катодного выделения водорода
7. Анодное поведение меди в кислых хлоридных растворах.
8. Контактная коррозия металлов.
9. Гравиметрическое определение скорости коррозии железа в различных электролитах.
10. Питтинговая коррозия меди.
11. Селективная коррозия латуни.

Примеры вопросов задаваемых при защите лабораторных работ:

1. Каким образом можно сделать вывод о термодинамической возможности протекания данного процесса в заданных условиях?
2. Что называется: равновесным потенциалом, бестоковым потенциалом, коррозионным потенциалом?
3. Запишите гальванический элемент, используйте в работе.
4. Запишите уравнение Нернста для расчета электродного потенциала электрода, используемого в вашей работе. и напряжения гальванического элемента.
5. По результатам работы показать, является ли выбранный металл в выбранном электролите обратимым по отношению к соответствующим ионам.
6. Что называется коррозией, коррозионным элементом, короткозамкнутым коррозионным элементом?
7. Перечислите требования, предъявляемые к электроду сравнения, рабочему и вспомогательному электродам.
8. Дайте определения понятиям: поляризация; перенапряжение.
9. Какие стадии могут быть скоростью определяющими (лимитирующими) при протекании электрохимического процесса?
10. Сколько электродов необходимо для измерения электродного потенциала? Перечислите требования, предъявляемые к этим электродам.
11. Для чего при проведении поляризационных измерений используют фоновый электролит?
12. Дайте определения понятиям: поляризация; перенапряжение.
13. Какие стадии могут быть скоростью определяющими (лимитирующими) при протекании электрохимического процесса?
14. Чем коррозионная диаграмма отличается от вольтамперной кривой?
15. Как определить скорость коррозии по коррозионной диаграмме и вольтамперограмме?
16. Как сделать вывод о природе деполяризатора в ходе коррозии?
17. На каком участке поляризационной кривой можно наблюдать предельный ток?
18. Что называется ингибитором коррозии?
19. По экспериментальным данным сделайте вывод о том, является ли ингибитором коррозии выбранная в работе добавка.

Примеры контрольных работ (заданий входящих в структуру КИМ):

1. Заданы температура и pH воды. Будет ли в данных условиях термодинамически стабилен указанный металл? Ответ пояснить.
2. Изобразить коррозионную диаграмму для контакта железо – медь. Образцы находятся в кислом водном растворе.
3. Медный электрод погружен в раствор с известным значением pH. Что можно сказать о термодинамически вероятном процессе при разных значениях электродного потенциала?
4. Чистый металл подвергается коррозии с водородной деполяризацией. Дана коррозионная диаграмма. Показать как определить графически ток коррозии и потенциал коррозии.
5. Тот же вопрос в случае кислородной деполяризации.
6. Тот же вопрос для металла, покрытого пассивной пленкой.



7. Металл подвергается коррозии с кислородной деполяризацией. Задан предельный катодный ток восстановления кислорода в данных условиях. Построить коррозионную диаграмму и определить графически ток коррозии и потенциал свободной коррозии.
8. Металл подвергается коррозии с водородной деполяризацией. Даны уравнения анодной поляризационной кривой растворения металла и катодной поляризационной кривой выделения водорода на данном металле. Построить коррозионную диаграмму и показать графически возможность катодной защиты.
9. Чистый металл подвергается коррозии с кислородной деполяризацией. Задан предельный катодный ток восстановления кислорода в данных условиях. Построить коррозионную диаграмму и показать графически возможность катодной защиты.
10. Привести примеры эффективного противокоррозионного легирования железа
11. Предложить эксперимент, подтверждающий работу коррозионного элемента при коррозии железа.
12. Объяснить, почему цинк с примесью меди корродирует быстрее, чем чистый цинк?
13. Магний равномерно корродирует в морской воде со скоростью  $1,55 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ . Каково значение скорости коррозии, выраженное в мм/год? Если с такой же скоростью корродирует свинец, то каково соответствующее значение в мм/год?
14. Объясните, почему в атмосферных условиях цинк корродирует, а золото нет? Ответ подтвердите расчётами.
15. Какой металл может служить протектором при защите железа от коррозии в одном растворе с  $\text{pH} = 10$  в контакте с воздухом? Напишите уравнения протекающих реакций.
16. Определите скорость равномерной коррозии железа в (мм/год) и в  $[\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})]$ , если плотность коррозионного тока составляет  $0.02 \text{ А}/\text{м}^2$ .
17. Во сколько раз возрастает толщина плёнки при увеличении продолжительности равномерной газовой коррозии титана от 8 до 100 ч при  $300^\circ\text{C}$ , если пленка растет по параболическому закону.
18. В результате атмосферной коррозии Sn до  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  за 12,5 минут образовалось 0,018 грамм его гидроксида. Напишите уравнения электродных процессов и суммарной реакции данного вида коррозии. Вычислите массу прокорродировавшего металла, объем поглощенного при этом газа при н.у. и силу коррозионного тока.
19. Определить является кадмиевый электрод обратимым по отношению к иона кадмия, если значение потенциала кадмиевого электрода зависит от концентрации его ионов в растворе  $\text{CdCl}_2$  следующим образом:

$c(\text{Cd}^{2+}), \text{М}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	0.1	0.5
$E, \text{В}$	-0.54	-0.52	-0.51	-0.50	-0.48	-0.46	-0.44

20. Определите термодинамическую возможность окисления Ni до NiO кислородом при стандартных условиях. Рассчитайте значение парциального давления кислорода, ниже которого невозможно окисление данного металла при температуре  $25^\circ\text{C}$ . Приведите уравнение соответствующей реакции.

#### Перечень заданий для индивидуальных проектов (докладов)

1. Атмосферная коррозия, методы ее изучения.
2. Морская коррозия.
3. Коррозия по ватерлинии.
4. Протекторная защита от морской коррозии.
5. Особенности коррозии в почвах. Влияние характера почв на скорость коррозии.
6. Локальные виды коррозии. Теория питтинга.
7. Щелевая, межкристаллитная и транскристаллитная коррозия.
8. Ингибиторы, их классификация и механизмы действия. Роль адсорбции ингибитора. Пассиваторы и депассиваторы.
9. Катодная и протекторная защита.
10. Локальные виды коррозии. Язвенная коррозия.

11. Пассивность металлов. Пассиваторы. Активаторы. Практическое значение.
12. Ускорители электрохимической коррозии металлов.
13. Межкристаллитная коррозия нержавеющей сталей: условия возникновения, причины, механизмы.
14. Принцип и схема защиты катодной защиты металлов внешним током. Характеристики защиты.
15. Биологическая коррозия. Особенности и способы борьбы с ней.
16. Катодные ингибиторы электрохимической коррозии. Принцип их действия.
17. Легирование металлов как метод уменьшения скорости коррозии.
18. Коррозия арматуры в бетоне.

#### Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Описание технологии проведения

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос) по темам курса, выполнения расчетных лабораторных и контрольных работ при проведении лабораторного практикума и практических занятий.

Для текущего контроля усвоения материала используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины
- 2) умение связывать теоретические знания с их практическим применением;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными проводимых лабораторных работ;
- 4) умение применять знание основных законов и закономерностей дисциплины к решению задач.

Для оценивания результатов обучения используется шкала: зачтено»/»незачтено» или «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно». ..

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным показателям. Продemonстрировано знание учебного материала, владение понятийным аппаратом дисциплины, умение применять теоретические знания при решении практических задач.	Отлично (зачтено)
Обучающийся владеет понятийным аппаратом, теоретическими основами дисциплины, способен применять имеющиеся знания при решении практических задач, однако при ответе допускает незначительные ошибки, которые способен исправить.	Хорошо (зачтено)
Ответ обучающегося не соответствует любым двум из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы. Демонстрирует частичные знания и допускает существенные ошибки при ответе. Не умеет решать практические задачи.	Удовлетворительно (зачтено)
Ответ не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, которые не способен исправить.	Неудовлетворительно (незачтено)

Полученные в ходе текущего оценивания знаний предмета баллы преподаватель может использовать при проведении промежуточной аттестации в форме зачета.



## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и степень сформированности умений и навыков в области физической химии. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачету:

1. Определение понятия «коррозия». Виды коррозии. Определение электрохимической коррозии и ее отличие от химической.
2. Скорость коррозии и способы ее определения.
3. Химическая коррозия. Оценка термодинамической устойчивости металлов к газовой коррозии. Жаростойкость и жаропрочность.
4. Влияние температуры на склонность металлов к окислению. Элементарные стадии процесса газовой коррозии.
5. Законы роста пленок продуктов коррозии на металле. Сплошные (защитные) и несплошные пленки. Критерий Пилинга-Бедвордса.
6. Теоретические основы электрохимической коррозии. Причины возникновения скачка потенциала на границе раздела фаз.
7. Термодинамика электрохимической коррозии. Стандартные, обратимые и необратимые электродные потенциалы металлов и факторы, влияющие на их величину. Диаграммы Пурбе.
8. Диаграмма Пурбе для цинка и алюминия (принципы построения и анализ).
9. Скорость электрохимической коррозии и способы ее определения.
10. Гомогенный и гетерогенный механизмы электрохимической коррозии.
11. Причины возникновения электрохимической гетерогенности поверхности раздела металл - электролит. Схема и характерные особенности электрохимического коррозионного процесса.
12. Кинетика электрохимической коррозии. Поляризация электродных процессов и ее причины.
13. Кинетика анодных и катодных процессов. Концентрационные ограничения анодной реакции и роль продуктов коррозии.
14. Катодные реакции с водородной деполяризацией. Коррозионные диаграммы "ток – потенциал".
15. Катодные реакции с и кислородной деполяризацией. Коррозионные диаграммы "ток – потенциал".
16. Контролирующие факторы процесса коррозии. Основные случаи контроля электрохимических коррозионных процессов.
17. Пассивное состояние металлов и его практическое значение. Анодная поляризационная кривая.
18. Диаграммы Эванса коррозионного процесса. Определение степени анодного, катодного и омического контроля. Понятие короткозамкнутый элемент. Максимальный коррозионный ток.
19. Основные пути защиты металлических материалов от коррозии: воздействие на металл, воздействие на коррозионную среду, комбинированное воздействие, воздействие на конструкцию.
20. Ингибиторы коррозии. Классификация и механизм действия.
21. Изменение скорости электрохимической коррозии в присутствии анодного, катодного и ингибитора смешанного действия (показать на поляризационной зависимости).

Пример билета (КИМ):

	УТВЕРЖДАЮ Заведующий кафедрой физической химии О.А. Козадеров
	д.х.н., доц.

Направление подготовки 04.03.01 Химия  
Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Коррозия металлов и методы защиты от коррозии  
Форма обучения очная  
Вид контроля зачет  
Вид аттестации промежуточный

### **Контрольно-измерительный материал № 1**

1. *Элементарные стадии процесса газовой коррозии. Законы роста пленок продуктов коррозии на металле. Сплошные (защитные) и несплошные пленки.*
2. *Определите скорость равномерной коррозии железа  $g/(м^2 \text{ час})$  и  $мм/год$ , если плотность коррозионного тока составляет  $0,02 \text{ А/м}^2$ . (коррозия протекает с образованием  $Fe^{2+}$ ).*

Преподаватель \_\_\_\_\_

### **Описание технологии проведения**

Промежуточная аттестация студентов является основной формой контроля аудиторной работы студентов и проводится с целью установления уровня и качества подготовки студентов ФГОС 3++ и определяет:

- полноту и прочность теоретических знаний;
- сформированность умений применять теоретические знания при решении практических и профессиональных задач;
- сформированность профессиональных компетенций.

Подготовка к промежуточной аттестации является формой самостоятельной работы студентов. При этом обучающийся должен использовать рекомендованный рабочей программой перечень основной и дополнительной литературы, материалы лекций, информационные и электронно-образовательные ресурсы. Для подготовки к промежуточной аттестации студент также может использовать перечень вопросов, вынесенных на зачет, позволяющий оценить уровень сформированности профессиональных компетенций по дисциплине «Коррозия металлов и методы защиты от коррозии».

Промежуточная аттестация проводится в устной форме. Преподаватель, проводящий промежуточную аттестацию, имеет право задавать студентам дополнительные вопросы по всему разделу программы учебной дисциплины. Время проведения зачета устанавливается нормами времени. Результат сдачи промежуточной аттестации заносится преподавателем в зачетно-экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

Зачет может быть выставлен по результатам текущей аттестации, если на каждом этапе текущей аттестации работа студента оценена преподавателем как "зачтено" или не ниже "удовлетворительно". В противном случае проводится промежуточная аттестация в форме устного собеседования по материалам КИМ.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические и практические вопросы, позволяющие оценить степень сформированности знаний, умений и(или) навыков. При оценивании знаний используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины
- 2) умение связывать теоретические знания с их практическим применением;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами,
- 4) умение применять знание основных законов и закономерностей дисциплины к решению конкретных задач.

*Для оценивания результатов обучения используется шкала:*

*Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания:*

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
---------------------------------	--------------

Обучающийся владеет терминологией и понятийным аппаратом теории коррозии; способен иллюстрировать ответ примерами, применять теоретические знания для решения практических задач. При ответе может допускать незначительные ошибки, которые способен исправить.	Зачтено
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допуская при ответе грубые ошибки.	Незачтено

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень, может быть, конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **20.3 Задания, рекомендованные к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины:**

**ПК-1** Способен проводить сбор, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации

#### **Закрытые**

1. Какое из приведенных утверждений может быть отнесено к характеристике электрохимической коррозии:

- а) процесс растворения металла происходит при взаимодействии с агрессивной газовой средой;
- б) коррозионный процесс это работа микрогальванических элементов; в) при высоких температурах одновременно с окислением происходит обезуглероживание углеродистых сталей;
- г) коррозия протекает в сухой атмосфере

2. К электрохимической коррозии относятся коррозионные процессы протекающие:

- а) в бензоле;
- б) в сухом воздухе;
- в) в растворах электролитов;
- г) при горячей прокатке металлов

3. При электрохимической коррозии:

- а) протекают реакции анодного восстановления металла и катодного окисления восстановителя

- б) протекают реакции анодного окисления металла и катодного восстановления окислителя
- в) протекают реакции анодного восстановления металла и катодного восстановления деполяризатора
4. Величина предельного диффузионного тока в коррозионном процессе: а) зависит от концентрации ионов металла в растворе; б) зависит от концентрации ионов гидроксония в растворе; в) зависит от толщины двойного электрического слоя; г) не зависит от толщины диффузионного слоя; д) зависит от вязкости раствора; е) верны а) и в).
5. Медная гайка накручена на болт, изготовленный из железа. Какая из этих деталей будет разрушаться первой при коррозии во влажном воздухе
- а) гайка; б) болт; в) болт и гайка; г) детали корродировать во влажном воздухе не будут
6. Неоднородность металлической фазы, приводящая к электрохимической гетерогенности поверхности раздела металл-электролит, вызвана:
- а) неоднородностью физических условий;
- б) возможной химической и физической неоднородностью металла;
- в) различием в концентрации нейтральных солей в растворе;
- г) неоднородностью жидкой фазы.
7. В каких из перечисленных коррозионных гальванических элементов катодный процесс будет протекать с водородной деполяризацией
- а)  $\text{Mg}|\text{H}_2\text{O}|\text{Cu}$ ; б)  $\text{Sn}|\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{Cu}$ ; в)  $\text{Cd}|\text{HCl}, \text{H}_2\text{O}|\text{Ag}$ ; г)  $\text{Fe}|\text{HCl}|\text{Ni}$ .
8. Условная запись коррозионного гальванического элемента, возникающего при коррозии железа в нейтральном растворе, имеет вид:
- а)  $\text{Fe}|\text{H}^+|\text{C}$ ; б)  $\text{Fe}|\text{H}_2\text{O}|\text{C}$ ; в)  $\text{Fe}|\text{Fe}^{3+}, \text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{Fe}$ ;
- г)  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; д)  $\text{Fe}|\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{Fe}$
9. Укажите, в контакте с каким металлом железо будет подвергаться наиболее интенсивной коррозии:
- а) железо – магний; б) железо – медь; в) железо – цинк; д) железо – железо.
10. Условия, способствующие электрохимической коррозии:
- а) положение металлов в ряду напряжений, чем дальше расположены металлы друг от друга в ряду, тем медленнее происходит коррозия;
- б) чистота металла (с примесями металл корродирует интенсивнее);
- в) наличие сухой атмосферы;
- г) отсутствие деполяризатора
11. При контакте  $\text{Cu}$  и  $\text{Fe}$  в растворе кислоты
- а) железо будет растворяться
- б) железо будет восстанавливаться
- в) медь будет растворяться
- г) на меди будет выделяться кислород.
12. При коррозии меди в кислой среде деполяризатором являются:
- а) ионы гидроксония; б) ионы кислотного остатка; в) вода; г) растворенный кислород; д) все перечисленные одновременно.
13. Скорость какого процесса может определять общую скорость коррозии:
- а) только катодного; б) только анодного; в) это зависит от поляризуемости анода и катода; г) это зависит от электропроводности раствора электролита и поляризуемости анода и катода.
14. Диаграммы Пурбе для металлов помогают оценить:
- а) возможность коррозионного процесса в данных условиях; б) скорость коррозионного процесса в данных условиях; в) поляризуемость анода и катода; г) степень анодного и катодного контроля при коррозии; д) природу деполяризатора.
15. Диаграмма Эванса позволяет определить:

а) равновесный потенциал коррозионного элемента; б) механизм анодного процесса при коррозии; в) механизм катодного процесса; г) природу лимитирующей стадии; д) скорость коррозии; е) верны г) и д).

16. При нарушении покрытого цинком железа в нейтральном растворе хлорида натрия:

а) будут подвергаться коррозии оба металла; б) будет подвергаться коррозии железо; в) будет подвергаться коррозии цинк; г) коррозия станет невозможна.

17. Какое из приведенных утверждений не может быть отнесено к характеристике электрохимической коррозии: а) разрушение металлов под действием агрессивных газов в бензине; б) разрушение металлов в жидкостях, проводящих электрический ток при повышенной температуре; в) окисление арматуры печей, деталей двигателей внутреннего сгорания; г) разрушение металлов во влажной атмосфере; г) разрушение металла в морской воде.

18. Коррозия это разрушение металла, при котором:

а)  $\Delta G=0$ ; б)  $\Delta G<0$ ; в)  $\Delta G>0$ ; г)  $\Delta S=0$  д) верны б) и г).

19. В зависимости от состава электролита:

а) электрохимическая коррозия может протекать с участием молекул водорода ( $H_2$ ) и растворенного в электролите кислорода ( $O_2$ );

б) электрохимическая коррозия может протекать с участием ионов водорода ( $H^+$ ) и растворенного в электролите кислорода ( $O_2$ );

в) электрохимическая коррозия может протекать с участием катионов металла и гидроксид-анионов;

г) электрохимическая коррозия всегда протекает только с участием ионов водорода ( $H^+$ ).

20. Медный лист склепан алюминиевыми заклепками. Конструкция эксплуатируется в кислой влажной атмосфере. Какой процесс будет протекать на аноде данного коррозионного гальванического элемента

а)  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ ; б)  $Al - 3e^- \rightarrow Al^{3+}$ ; в)  $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ ; г)  $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ ; д)  $O_2 + H_2O_2 \rightarrow H_2O$ .

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	Б	В	Б	Д	Б	Б	А и Г	Д	Б	б
Вопрос	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ответ	А	Г	Г	А и Д	Е	В	А и В	Б	Б	Б

Задания эссе:

1. Медь погружена в водный 0.01 М раствор хлорида натрия. Какой потенциал при этом устанавливается: равновесный или бестоковый?

**Ответ.** Установление равновесного потенциала означает, что на межфазной границе металлическая медь | водный раствор NaCl устанавливается равновесие  $Cu^{2+}=Cu^0$ , т.е. катодный и анодный процессы имеют одну природу. При этом равновесие может быть описано уравнением Нернста. Для установления такого равновесия раствор должен содержать ионы меди, которых по условию задачи раствор не содержит. Следовательно, возникающий потенциал в данном случае будет бестоковым.

**Критерии оценивания:** 5 баллов – дан верный развернутый ответ.

2 балла – дан верный ответ без объяснения.

0 баллов – дан неверный ответ.

2. Возможна ли коррозия меди, находящейся в водном 0,01 М растворе соляной кислоты равновесном с атмосферой.

**Ответ.** В кислом водном растворе, равновесном с атмосферой имеется два окислителя,

способных вызвать коррозию металла: ионы гидроксония и молекулярный кислород. Поскольку равновесный потенциал медного электрода более положителен по сравнению с равновесным потенциалом водородного электрода, то ион гидроксония не является окислителем для меди.

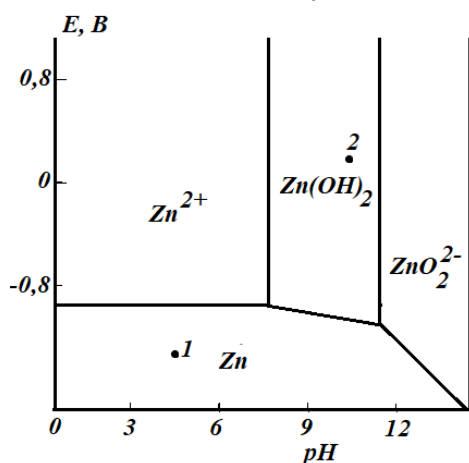
Равновесный потенциал кислородного электрода более положителен по сравнению с таковым для медного электрода, следовательно коррозия меди возможна и деполяризатором (окислителем) будет растворенный кислород.

**Критерии оценивания:** 5 баллов – дан верный развернутый ответ.

2 балла – дан верный ответ без объяснения.

0 баллов – дан неверный ответ.

3. Диаграмма Пурбэ для цинка имеет вид:



Охарактеризуйте процессы, протекающие на цинке в точках 1 и 2 на диаграмме. Определите природу деполяризатора, если цинк в этих точках способен корродировать.

**Ответ**

Точка 1 на диаграмме Пурбе находится в зоне «иммунитетности» металла. Коррозионный процесс в этом случае не протекает. В т.2 будет происходить окисление цинка до гидроксида. В водном щелочном растворе анодный процесс может быть представлен следующим образом:  $Zn + 2OH^- = Zn(OH)_2 + 2e^-$ . Чтобы определить природу деполяризатора необходимо на диаграмму Пурбе для цинка нанести линии, отвечающие изменению равновесного потенциала водородного и кислородного электродов в зависимости от pH водного раствора или рассчитать равновесные потенциалы водородного и кислородного электродов при заданном pH. Поскольку потенциал в т.2 на диаграмме более положителен, чем потенциал равновесного водородного электрода, но меньше потенциала равновесного кислородного электрода, то деполяризатором будет растворенный кислород.

**Критерии оценивания:** 5 баллов – дан верный развернутый ответ.

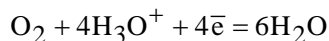
2 балла – дан верный ответ без объяснения.

0 баллов – дан неверный ответ.

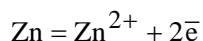
4. Запишите процессы протекающие на катоде и аноде коррозионного гальванического микроэлемента  $Zn|NaCl, H_3O^+, O_2|Fe$  ?

**Ответ**

На катоде:



на аноде:



**Критерии оценивания:**

2 балла – дан верный ответ.

0 баллов – дан неверный ответ.

5. Корректнее определять ток коррозии электрохимического процесса при условии  $\Delta E \ll RT/zF$  или  $\Delta E \gg RT/zF$ ?

### Ответ

Поскольку коррозионный процесс протекает самопроизвольно, то величина поляризации катодных и анодных участков невелика. Следовательно ток коррозии корректнее определять при условии  $\Delta E \ll RT/zF$ .

**Критерии оценивания:** 5 баллов – дан верный развернутый ответ.

2 балла – дан верный ответ без пояснения.

0 баллов – дан неверный ответ.

Открытый тип

1. Газовой коррозией является процесс окисления металла происходящий при взаимодействии с \_\_\_\_\_.

Ответ: сухой газовой атмосферой (сухим газом)

2. К электрохимической коррозии относятся коррозионные процессы протекающие в \_\_\_\_\_

Ответ: растворах электролитов (ионпроводящих средах)

3. При электрохимической коррозии протекают реакции анодного окисления металла и \_\_\_\_\_

Ответ: катодного восстановления окислителя (деполяризатора).

4. Медная гайка накручена на болт, изготовленный из железа. Разрушаться первой при коррозии во влажном воздухе будет \_\_\_\_\_

Ответ: болт

5. Условная запись коррозионного гальванического микроэлемента, возникающего при коррозии железа в нейтральном растворе имеет вид \_\_\_\_\_:

Ответ:  $\text{Fe}|\text{Fe}^{3+}, \text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{Fe}$

6. При контакте Cu и Fe в растворе кислоты будет окисляться \_\_\_\_\_

Ответ: железо (Fe)

7. При коррозии меди в кислой водной среде деполяризатором является \_\_\_\_\_

Ответ: растворенный кислород

8. Способ защиты от коррозии, при котором в рабочую среду вводят вещества, уменьшающие агрессивность среды, называют \_\_\_\_\_

Ответ: ингибированием

9. При нарушении покрытого цинком железа коррозии будет подвергаться \_\_\_\_\_

Ответ: цинк (цинковое покрытие).

10. Причина затруднений в доставке кислорода к металлической поверхности в растворе электролита заключается в \_\_\_\_\_

Ответ: медленной диффузии кислорода

**ПК-2** Способен использовать современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы для установления структуры и исследования реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации

Закрытые

1. Какие из перечисленных ниже частиц являются окислителями при электрохимической коррозии металлических конструкций

а) ионы водорода; б) вода; в) азот; г) углекислый газ; д) ионы металлов

2. Медный лист склепан алюминиевыми заклепками. Конструкция эксплуатируется во влажной атмосфере. Какой процесс будет протекать на аноде данного коррозионного гальванического элемента

а)  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ ; б)  $\text{Al} - 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}^{3+}$ ; в)  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ ;

г)  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ ; д)  $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

3. Какой процесс будет протекать на катоде коррозионного гальванического микроэлемента

$\text{Zn}|\text{NaCl}, \text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{Fe}$

а)  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2$ ; б)  $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ ;

г)  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ ; д)  $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$

4. В каких из перечисленных коррозионных гальванических элементов катодный процесс будет протекать с водородной деполяризацией  
а)  $\text{Mg}/\text{H}_2\text{O}/\text{Cu}$ ; б)  $\text{Sn}/\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2/\text{Cu}$ ; в)  $\text{Cd}/\text{NaCl}, \text{O}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{Ag}$ ; г)  $\text{Zn}/\text{HCl}/\text{Fe}$ .
5. В каких из перечисленных коррозионных гальванических элементов коррозионный процесс будет протекать с кислородной деполяризацией  
а)  $\text{Cd}/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Ni}$ ; б)  $\text{Zn}/\text{ZnCl}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{O}_2/\text{Cu}$ ;  
в)  $\text{Cd}/\text{H}_2\text{O}/\text{Cu}$ ; г)  $\text{Ni}/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Cu}$
6. Сущность электрохимической коррозии:  
а) заключается в возникновении на поверхности металла, находящегося в электролите, микрогальванических элементов  
б) заключается в возникновении на поверхности металла, находящегося в электролите, оксидных слоев  
в) заключается в возникновении на поверхности металла, находящегося в растворе неэлектролита, гальванических элементов  
г) заключается в возникновении на поверхности металла, находящегося в сухом воздухе солевых пленок
7. В зависимости от состава электролита:  
а) электрохимическая коррозия может протекать с участием молекул водорода ( $\text{H}_2$ ) и растворенного в электролите кислорода ( $\text{O}_2$ )  
б) электрохимическая коррозия может протекать с участием ионов водорода ( $\text{H}^+$ ) и растворенного в электролите кислорода ( $\text{O}_2$ )  
в) электрохимическая коррозия может протекать с участием катионов металла и сульфат-анионов  
г) электрохимическая коррозия может протекать только с участием ионов водорода ( $\text{H}^+$ )
8. Разрушение металла:  
а) с разрядом на аноде молекул кислорода ( $\text{O}_2$ ) называют электрохимической коррозией с кислородной деполяризацией  
б) с разрядом на катоде молекул водорода ( $\text{H}_2$ ) называют электрохимической коррозией с кислородной деполяризацией  
в) с разрядом на аноде воды называют электрохимической коррозией с кислородной деполяризацией  
г) с разрядом на катоде кислорода ( $\text{O}_2$ ) называют электрохимической коррозией с кислородной деполяризацией
9. Цинковое покрытие по отношению к железу:  
а) является анодным; б) является катодным; в) является ингибитором  
г) является ингибитором
10. При нарушении покрытой оловом меди:  
а) будут подвергаться коррозии оба металла  
б) будет подвергаться коррозии олово  
в) будет подвергаться коррозии медь  
г) коррозия станет невозможна.
11. Разрушение металла является процессом, при котором:  
а)  $\Delta G=0$ ; б)  $\Delta G<0$ ; в)  $\Delta G>0$ ; г)  $\Delta S=0$
12. Какое из приведенных утверждений может быть отнесено к характеристике электрохимической коррозии  
а) разрушение металлов под действием агрессивных газов при температурах, исключающих конденсацию влаги на поверхности металла; б) растворение металлов в жидкостях, не проводящих электрического тока; в) окисление арматуры печей, деталей двигателей внутреннего сгорания; г) разрушение металлов при контакте с водными растворами
13. Катодная защита осуществляется  
а) присоединением защищаемой металлической конструкции к положительному полюсу внешнего источника постоянного тока; б) присоединением защищаемой металлической конструкции к отрицательному полюсу внешнего источника постоянного тока в) нанесением на поверхность защищаемого металла слоя другого металла, электродный потенциал которого более электроотрицателен, чем потенциал основного металла; г) введением в агрессивную среду ингибиторов
14. При нарушении покрытого оловом железа:  
а) будут подвергаться коррозии оба металла



- б) будет подвергаться коррозии олово  
 в) будет подвергаться коррозии железо  
 г) коррозия станет невозможна
15. Что является причиной концентрационной поляризации?  
 а) замедленность стадии подвода реагирующих веществ к поверхности электрода из объема раствора;  
 б) замедленность стадии переноса заряженных частиц через границу раздела фаз;  
 в) замедленность стадии химического взаимодействия продуктов реакции ;  
 г) все перечисленные причины.
16. Вблизи бестокового потенциала величина поляризации:  
 а) не зависит от плотности тока коррозии;  
 б) прямо пропорциональна плотности тока коррозии;  
 в) обратно пропорциональна плотности тока коррозии;  
 г) экспоненциально зависит от плотности тока коррозии.
17. К какому методу защиты металлов от коррозии относится присоединение к конструкции более электроотрицательного металла:  
 а) катодная защита; б) анодная защита; в) металлические покрытия; г) протекторная защита
18. Анодная защита осуществляется  
 а) присоединением защищаемой металлической конструкции к положительному полюсу внешнего источника постоянного тока; б) присоединением защищаемой конструкции к электроду, обладающему потенциалом, более отрицательным, чем защищаемая поверхность; в) нанесением на поверхность защищаемого металла слоя другого металла, электродный потенциал которого более электроотрицателен, чем потенциал основного металла; г) введением в агрессивную среду ингибиторов, которые снижают скорость растворения металла за счет повышения перенапряжения катодного процесса;
19. Какой из перечисленных ниже металлов может быть избран в качестве протектора для защиты от почвенной коррозии стального трубопровода: а)цинк; б) железо; в) магний; г) медь

Ответы на закрытые задания

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	А и Б	Б	Г	А и Г	Б и В	А	Б	Г	А	Б
Вопрос	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Ответ	Б	Г	Б	В	А	В	Г	А	А и В	

Открытые:

1. В коррозионном гальваническом элементе  $\text{Sn}|\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{Cu}$  катодный процесс будет протекать с \_\_\_\_\_ деполяризацией

Ответ: кислородной

2. При контакте Cu и Fe в растворе кислоты корродировать будет \_\_\_\_\_

Ответ: железо

3. Катодная защита осуществляется присоединением защищаемой металлической конструкции к \_\_\_\_\_ полюсу внешнего источника постоянного тока

Ответ: отрицательному

4. Разрушение металла с разрядом на катоде ионов гидроксония называют электрохимической коррозией с \_\_\_\_\_ деполяризацией

Ответ; водородной

5. Диаграмма электрохимической устойчивости воды позволяет определить природу возможного \_\_\_\_\_

Ответ: деполяризатора

6. Процесс коррозии свинцовой пластины происходит в горячей воде при температуре 60 °С. Данный процесс относится к \_\_\_\_\_ коррозии

Ответ: электрохимической

7. Причиной концентрационной поляризации при электрохимической коррозии является замедленность стадии \_\_\_\_\_ реагирующих веществ к поверхности электрода из объема раствора;

Ответ: диффузии.

8. Если гвоздь вбить во влажное дерево, то его часть, которая находится внутри дерева при коррозии является \_\_\_\_\_

Ответ: анодом.

9. При электрохимической коррозии металла, протекающей с катодным контролем, медленной стадией является \_\_\_\_\_ деполяризатора

Ответ: восстановление.

10. В водном растворе хлорида водорода, не содержащего кислород, медь \_\_\_\_\_ электрохимической коррозии

Ответ: не подвергается

Вопросы эссе:

1. Железо погружено в водный 0.01 М раствор хлорида водорода. Какой потенциал при этом устанавливается: равновесный или бестоковый?

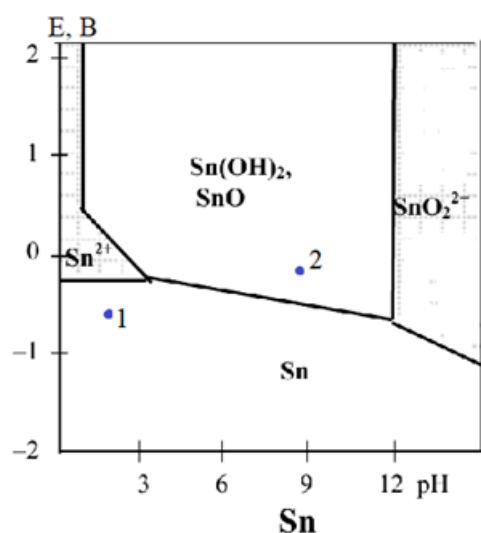
**Ответ.** Установление равновесного потенциала означает, что на межфазной границе металлическое железо| водный раствор HCl устанавливается равновесие  $\text{Fe}^{2+}=\text{Fe}^0$ , т.е. катодный и анодный процессы имеют одну природу. При этом равновесие может быть описано уравнением Нернста. Для установления такого равновесия раствор должен содержать ионы железа (2), которых по условию задачи раствор не содержит. Следовательно, возникающий потенциал в данном случае будет бестоковым.

**Критерии оценивания:** 5 баллов – дан верный развернутый ответ.

2 балла – дан верный ответ без объяснения.

0 баллов – дан неверный ответ.

2. Диаграмма Пурбе для олова имеет вид:



Охарактеризуйте процессы, протекающие на олове в точках 1 и 2 на диаграмме. Определите природу деполяризатора, если олово в этих точках способно корродировать.

**Ответ**

Точка 1 на диаграмме Пурбе находится в зоне «имунности» металла. Коррозионный процесс в этом случае не протекает. В т.2 будет происходить окисление олова до гидроксида, поскольку среда щелочная. В водном щелочном растворе анодный процесс может быть представлен следующим образом:  $\text{Sn} + 2\text{OH}^- = \text{Sn(OH)}_2 + 2\text{e}^-$ . Чтобы определить природу деполяризатора необходимо на диаграмму Пурбе для цинка нанести линии, отвечающие изменению равновесного потенциала водородного и кислородного электродов в зависимости от pH водного раствора или рассчитать равновесные

потенциалы водородного и кислородного электродов при заданном pH. Поскольку потенциал в т.2 на диаграмме более положителен, чем потенциал равновесного водородного электрода, но меньше потенциала равновесного кислородного электрода, то деполяризатором будет растворенный кислород.

**Критерии оценивания:** 5 баллов – дан верный развернутый ответ.

2 балла – дан верный ответ без объяснения.

0 баллов – дан неверный ответ.

3. Определите скорость равномерной коррозии железа в (мм/год) и в [г/(м<sup>2</sup>год)], если плотность коррозионного тока составляет 0.02 А/м<sup>2</sup>. Считать, что железо окисляется до Fe<sup>2+</sup>

*Решение:*

Скорость равномерной коррозии, выраженная в г/(м<sup>2</sup>с), равна

$$v = \frac{i}{zF} M$$

где M – молярная масса металла (г/моль); z – число электронов в реакции окисления металла; i – плотность тока коррозии, А/м<sup>2</sup>; F – число Фарадея, F = 96500 Кл/моль. Умножая эту величину на число секунд в сутки (3600\*24) и число дней в году (365), получим скорость коррозии  $v = 18,30 \text{ г/(м}^2\text{год)}$ . Для перевода этой размерности в мм/год полученное значение нужно разделить на плотность железа  $\rho = 7.87 \text{ г/см}^3$ , переведя ее в г/м<sup>3</sup>. После преобразования единиц получим  $v = 0.0023 \text{ мм/год}$ .

**Критерии оценивания:**

5 баллов – дан верный развернутый ответ.

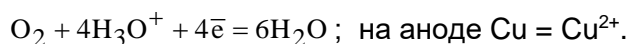
2 балла – дан верный ответ без объяснения.

0 баллов – дан неверный ответ.

4. Медь корродирует в аэрированном водном растворе при pH = 3. Будет ли влиять на скорость коррозии меди скорость потока водного раствора? Ответ пояснить. Записать гальванический элемент и соответствующие реакции, протекающие на аноде и катоде.

Ответ: Поскольку равновесный потенциал медного электрода находится в области потенциалов электрохимической устойчивости воды, то ионы гидроксония не могут выступать деполяризатором при электрохимической коррозии меди. По условию задачи раствор аэрирован, а следовательно, в качестве деполяризатора при электрохимической коррозии меди будет выступать растворенный в водном растворе кислород.

Растворимость кислорода в водном растворе не велика, а потому скорость катодного процесса определяется стадией диффузии кислорода к поверхности корродирующего металла и зависит от скорости потока жидкости. Поэтому и скорость катодного процесса также зависит от скорости потока жидкости. В кислом растворе при pH >1 ионизация меди осуществляется до степени окисления +2. Значит реакция на катоде



**Критерии оценивания:**

5 баллов – дан верный развернутый ответ.

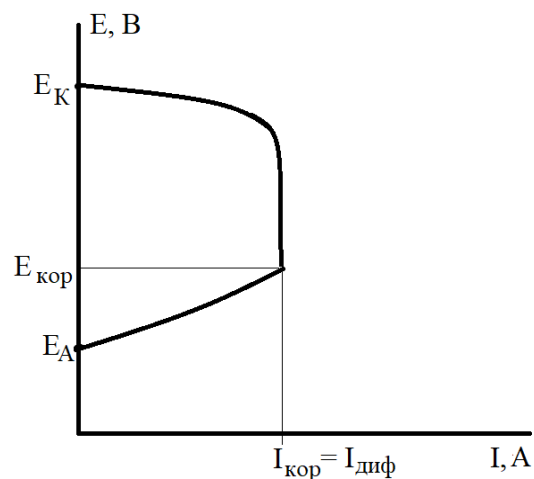
2 балла – дан верный ответ без объяснения.

0 баллов – дан неверный ответ.

5. Изобразите общий вид коррозионной диаграммы "ток – потенциал" при коррозии металла с кислородной деполяризацией и катодным контролем. Может ли при этом ток коррозии определяться величиной предельного диффузионного тока? Как определить коррозионный потенциал по данной диаграмме?

Ответ:

Общий вид коррозионной диаграммы будет выглядеть следующим образом:



По условию, процесс коррозии протекает с катодным контролем, следовательно поляризация катодного процесса больше, чем анодного. Процесс восстановления кислорода при коррозии металла лимитируется его диффузией к поверхности корродирующего металла. При этом на катодной кривой появляется область в которой ток не зависит от потенциала (предельный диффузионный ток). Ток коррозии в указанных условиях будет равен величине предельного диффузионного тока. Потенциал коррозии определяется при условии равенства скоростей катодного и анодного процессов. Поскольку по условию не сказано, что коррозионный процесс сопровождается омическим падением потенциала, то равенству скоростей катодного и анодного процессов на диаграмме отвечает точка пересечения катодной и анодной кривых.

**Критерии оценивания:**

- 5 баллов – дан верный развернутый ответ.
- 2 балла – дан верный ответ без объяснения.
- 0 баллов – дан неверный ответ.