

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Теоретическая электрохимия**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скундин А.М.
	Идентификатор	R7bf1ad93-SkundinAM-18341b90

(подпись)

А.М.

Скундин

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ланская И.И.
	Идентификатор	R3db6324d-Lanskyall-6f410db9

(подпись)

И.И. Ланская

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулешов Н.В.
	Идентификатор	Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6

(подпись)

Н.В.

Кулешов

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-4 Способен к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их элементов

ИД-1 выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов

ИД-2 анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов

ИД-3 выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Принципы работы электрохимических устройств -1 (Контрольная работа)
2. Расчёты по законам Фарадея (Контрольная работа)
3. Расчёты по закону Оствальда (Контрольная работа)
4. Расчёты по уравнению Нернста (Контрольная работа)

БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Роль электрохимии в современном мире. Законы Фарадея					
Роль электрохимии в современном мире. Законы Фарадея	+				
Электролиты (Общие свойства электролитов. Теория электролитической диссоциации. Теория сильных электролитов. Электропроводность и числа переноса. Полимерные, неводные, расплавленные и твердые электролиты).					
Общие свойства электролитов. Теория электролитической диссоциации.		+			
Теория сильных электролитов		+			

Электропроводность и числа переноса		+		
Полимерные, неводные, расплавленные и твердые электролиты		+		
Электрохимическая термодинамика (Типы электродов и электродные реакции. Электродный потенциал. 1 начало термодинамики в электрохимии. Уравнение Нернста. Цепи с переносом. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Двойной электрический слой. Электрохимическая адсорбция).				
Типы электродов и электродные реакции. Электродный потенциал. 1 начало термодинамики в электрохимии. Уравнение Нернста. Цепи с переносом. Уравнение Гиббса-Гельмгольца			+	
Двойной электрический слой. Электрохимическая адсорбция			+	
Основы электрохимической кинетики. (Диффузионная кинетика. Теория замедленного разряда. Сложные электродные процессы. Электрохимическая природа коррозии				
Основы электрохимической кинетики				+
Теория замедленного разряда.				+
Сложные электродные процессы и электрохимическая природа коррозии				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-4	ИД-1 _{ПК-4} выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	Знать: источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по электрохимии и химическим источникам тока Уметь: собирать и анализировать исходные данные для расчёта химического источника тока с использованием современных методов поиска и обработки информации производства автономных энергетических систем и их элементов	Расчёты по законам Фарадея (Контрольная работа)
ПК-4	ИД-2 _{ПК-4} анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем и	Знать: принципы работы установок водородной энергетики, электрохимических	Принципы работы электрохимических устройств -1 (Контрольная работа)

	их элементов	реакторов, аккумуляторов, первичных элементов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок Уметь: проводить системный анализ характеристик автономных энергетических систем	
ПК-4	ИД-ЗПК-4 выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями	Знать: особенности работы топливных элементов, электрохимических установок и установок водородной энергетики Уметь: проводить эксперименты по заданной методике и анализировать результаты с привлечением соответствующего математического аппарата	Расчёты по закону Оствальда (Контрольная работа) Расчёты по уравнению Нернста (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Расчёты по законам Фарадея

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам билетов на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области Законов Фарадея

Контрольные вопросы/задания:

Знать: источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по электрохимии и химическим источникам тока	1. Определить выход по току при хромировании из бихроматно-сульфатного электролита, если при плотности тока 10 А/дм ² за 6 мин. нарастает слой толщиной 1 мкм. Атомная масса хрома составляет 52 г/моль, плотность хрома принять равной 7,1 г/см ³ .
Уметь: собирать и анализировать исходные данные для расчёта химического источника тока с использованием современных методов поиска и обработки информации производства автономных энергетических систем и их элементов	1. Рассчитать, сколько баллонов кислорода и водорода требуется для суточной работы батареи водородно-кислородных топливных элементов мощностью 100 кВт. Давление газа в баллоне принять равным 150 атм., ёмкость баллона 40 л, газы проявляют свойства идеальных, напряжение на ячейке 0,9 В, коэффициент использования газов 93%.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-2. Расчёты по закону Оствальда

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам билетов на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области электролитов

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить эксперименты по заданной методике и анализировать результаты с привлечением соответствующего математического аппарата	<p>1. Константа диссоциации уксусной кислоты равна $1,754 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Вычислить степень диссоциации в сантимольярном растворе по точному и приближенному уравнению и определить рН такого раствора. Ответ: 0.041 по точному и 0.042 по приближенному уравнениям. $pH = 3.39$</p> <p>2. Константа диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени равна $7,1 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Вычислить степень диссоциации в растворах с концентрациями 10^{-3} и 10^{-4} моль/л. Диссоциацией по второй и третьей ступеням пренебречь.</p>
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. Расчёты по уравнению Нернста

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам билетов на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области потенциалов электродов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности работы топливных элементов, электрохимических установок и установок водородной энергетики	<p>1. Рассчитать равновесный потенциал системы $Cr^{3+}/Cr_2O_7^{2-}$ при концентрациях ионов Cr^{3+} и $Cr_2O_7^{2-}$ $0,0001$ моль/л и $pH = 2$. Коэффициент активности принять равным 1. Стандартный потенциал этой системы равен $+1,333$ В. Ответ: 1.097 В.</p> <p>2. Рассчитать равновесный потенциал хлорсеребряного электрода в сантимольярном</p>
--	--

	растворе KCl. Стандартный потенциал хлорсеребряного электрода равен +0,222 В.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-4. Принципы работы электрохимических устройств -1

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам билетов на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области электрохимических устройств

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: принципы работы установок водородной энергетики, электрохимических реакторов, аккумуляторов, первичных элементов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок</p>	<p>1. Определите ЭДС кислородно-водородного топливного элемента при рабочей температуре 250С, $p_{H_2}=10$ и $p_{O_2}=p_{H_2}=10$. Рассчитайте максимальное время работы этого элемента при постоянном токе 0,27 А и при исходном наличии в баллонах 11,2 л водорода и 5,6 л кислорода.</p>
<p>Уметь: проводить системный анализ характеристик автономных энергетических систем</p>	<p>1. Рассчитать, какой объем кислорода (н.у.) расходуется за 5 часов работы водородно-кислородного элемента, разряжающегося непрерывным током 0,1 А. Определите теоретически возможное количество электричества и энергии, которые можно получить в элементе на 1 моль кислорода при стандартных состояниях веществ и температуре 298 К. Ответ: 0.1 л. 5.6 Ач. 6.9 Втч.</p>

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Теория электролитической диссоциации. Степень диссоциации. Константа диссоциации. Закон разведения Оствальда.
2. Электродный потенциал. Измерение электродного потенциала. Электроды сравнения. Уравнение Нернста.

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-4} выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов

Вопросы, задания

1. Двойной электрический слой. Поверхностные избытки. Адсорбционное уравнение Гиббса. Электрокапиллярные кривые. Уравнение Липпмана.
2. Полярография.
3. Теория Дебая и Гюккеля. Ионная атмосфера. Ионная сила растворов. Активность и коэффициенты активности. Зависимость коэффициента активности от концентрации
4. Теория электролитической диссоциации. Степень диссоциации. Константа диссоциации. Закон разведения Оствальда.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Рассчитать, сколько баллонов кислорода и водорода требуется для суточной работы батареи водородно-кислородных топливных элементов мощностью 100 кВт. Давление газа в баллоне принять равным 150 атм., ёмкость баллона 40 л, газы проявляют свойства идеальных, напряжение на ячейке 0,9 В, коэффициент использования газов 93%.

Верный ответ: 100 баллонов кислорода и 200 баллонов водорода

2. Рассчитать равновесный потенциал системы $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ при концентрациях ионов Cr^{3+} и $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 0,0001 моль/л и $\text{pH} = 2$. Коэффициент активности принять равным 1. Стандартный потенциал этой системы равен +1,333 В.

Верный ответ: 1,097 В.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-4} анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов

Вопросы, задания

1. Неводные электролиты. Расплавленные и твердые электролиты. Правило Вальдена
2. Межфазные потенциалы на границах металл-вакуум, металл-металл, металл-электролит. Гальвани-потенциал и Вольта-потенциал. Закон Вольта
3. Числа переноса, методы их измерения
4. Особенности электрохимических реакций. Стадии электрохимических реакций. Основные законы электрохимической кинетики.

5. Электродный потенциал. Измерение электродного потенциала. Электроды сравнения. Уравнение Нернста
6. Теория электролитической диссоциации. Степень диссоциации. Константа диссоциации. Закон разведения Оствальда.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Рассчитать, какой объем кислорода (н.у.) расходуется за 5 часов работы водородно-кислородного элемента, разряжающегося непрерывным током 0,1 А. Определите теоретически возможное количество электричества и энергии, которые можно получить в элементе на 1 моль кислорода при стандартных состояниях веществ и температуре 298 К.

Верный ответ: 0.1 л. 5.6 Ач. 6.9 Втч.

3. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ПК-4} выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями

Вопросы, задания

1. Сильные и слабые электролиты. Ион-дипольное и ион-ионное взаимодействие. Числа сольватации.
2. Сильные и слабые электролиты. Ион-дипольное и ион-ионное взаимодействие. Числа сольватации.
3. Нестационарная диффузия. Уравнения электрохимической кинетики при нестационарной диффузии.
4. Электростатическая и специфическая адсорбция. Изотермы адсорбции.
5. Диффузионная кинетика. Стационарные процессы. Вращающийся дисковый электрод
6. Виды электролитов. Особенности электролитов, их отличие от растворов, не имеющих ионной проводимости
7. Модели строения двойного слоя. Модель Гельмгольца. Модель Гуи-Чепмена. Модель Штерна-Грэма
8. Теория Дебая и Гюккеля. Электрофоретический эффект. Релаксационный эффект. Эффект Вина. Эффект Дебая-Фалькенгагена
9. Поляризационные кривые. Предельный ток
10. Гальваническая цепь и электрохимическая система Токообразующая реакция. Э.д.с. гальванической цепи. Температурная зависимость э.д.с.
11. Нестационарная диффузия. Уравнения электрохимической кинетики при нестационарной диффузии
12. Электропроводность электролитов. Удельная и эквивалентная электропроводность. Закон Кольрауша
13. Гальваническая цепь и электрохимическая система Токообразующая реакция. Э.д.с. гальванической цепи. Температурная зависимость э.д.с.
14. Второй закон термодинамики в электрохимии. Температурная зависимость э.д.с.
15. Электрохимический механизм коррозии. Смешанные потенциалы
16. Платиновый электрод. Кривые заряжения. Адсорбция водорода и кислорода
17. Теория замедленного разряда. Влияние двойного слоя на кинетику электродных процессов

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Константа диссоциации уксусной кислоты равна $1,754 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Вычислить степень диссоциации в сантимольярном растворе по точному и приближенному уравнению и определить рН такого раствора.

Верный ответ: 0.041 по точному и 0.042 по приближенному уравнениям. рН = 3.39

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.