

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Специальные вопросы физической химии**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Нефедкин С.И.
	Идентификатор	Re4207b7b-NefedkinSI-3a80b823

С.И.
Нефедкин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

И.И.
Ланская

Заведующий
выпускающей кафедрой

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

Н.В.
Кулешов

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 определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах

ИД-1 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

ИД-2 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. Подготовка и защита научного доклада на основе изучения научной статьи из ведущего научного журнала по проблеме водородной и электрохимической энергетики (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Структура электродов. (Тестирование)

2. Электрохимические процессы на электродах. Изотермы адсорбции. (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов (Тестирование)

БРС дисциплины

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Электрохимические процессы на электродах. Изотермы адсорбции. (Тестирование)

КМ-2 Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Структура электродов. (Тестирование)

КМ-3 Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов (Тестирование)

КМ-4 Подготовка и защита научного доклада на основе изучения научной статьи из ведущего научного журнала по проблеме водородной и электрохимической энергетики (Реферат)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ					
Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ	+				
Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний					
Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний			+		
Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур					
Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур				+	
Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах. Методы определения энергетической эффективности, методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты. Дорожные карты развития технологии.					
Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах. Методы определения энергетической эффективности, методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты. Дорожные карты развития технологии					+
Вес КМ:		25	25	25	25

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-1ПК-4 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	Знать: ИД-1ПК-4 методы испытаний элементов электрохимических преобразователей энергии, международные и Российские стандарты в области устройств водородной энергетики, обоснования мероприятий по обеспечению штатных условий эксплуатации электрохимических устройств Уметь: ИД-1ПК-4 эффективно использовать методы испытаний элементов электрохимических преобразователей энергии, международные и Российские стандарты, разрабатывать мероприятия по обеспечению штатных	КМ-1 Электрохимические процессы на электродах. Изотермы адсорбции. (Тестирование) КМ-2 Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Структура электродов. (Тестирование)

		условий эксплуатации электрохимических устройств	
ПК-4	ИД-2 _{ПК-4} Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	Знать: ИД-2ПК-4 основные процессы в электрохимических преобразователях энергии и источники информации для обновления компетенций в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов Уметь: ИД-2ПК-4 анализировать и эффективно использовать методы испытаний элементов электрохимических области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	КМ-3 Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов (Тестирование) КМ-4 Подготовка и защита научного доклада на основе изучения научной статьи из ведущего научного журнала по проблеме водородной и электрохимической энергетики (Реферат)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Электрохимические процессы на электродах. Изотермы адсорбции.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

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

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области электрохимических процессов на электродах

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: ИД-1ПК-4 методы испытаний элементов электрохимических преобразователей энергии, международные и Российские стандарты в области устройств водородной энергетики, обоснования мероприятий по обеспечению штатных условий эксплуатации электрохимических устройств	1. Назовите основные признаки физической адсорбции а) обратимость б) ван-дер-ваальсовское взаимодействие в) энергия взаимодействия адсорбата с подложкой 10–80 кДж/моль г) химическое взаимодействие молекул д) энергия взаимодействия адсорбата с подложкой 20–120 кДж/моль г). необратимость Ответ: а 2. Назовите изотерму адсорбции, которая не учитывает взаимодействие адсорбирующихся частиц. Приведите уравнение а) Изотерма Темкина б) Изотерма Ленгмюра в) Изотерма Шишковского г) Изотерма Фрумкина д) Изотерма Поляни Ответ: б 3. Назовите основные признаки химической адсорбции (хемосорбции) а) обратимость б) ван-дер-ваальсовское взаимодействие в) энергия взаимодействия адсорбата с подложкой 10–80

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	кДж/моль г) химическое взаимодействие молекул д) энергия взаимодействия адсорбата с подложкой 20–120 кДж/моль Ответ: г

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом.

Структура электродов.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

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

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области компонентов топливных элементов с твердым полимерным электролитом

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: ИД-1ПК-4 эффективно использовать методы испытаний элементов электрохимических преобразователей энергии, международные и Российские стандарты, разрабатывать мероприятий по обеспечению штатных условий эксплуатации электрохимических устройств	1.Определите максимальный диаметр пористого электрода D макс. (мкм), если первый пузырь при продавливании через электрод воды появился при избыточном давлении воздуха 0,1 МПа а) 29,1 б) 291 в) 2,91

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	г) 0,291 д) 0,03 Ответ: в 2.Определите максимальный диаметр пористого электрода D макс. (мкм), если первый пузырь при продавливании через электрод воды появился при избыточном давлении воздуха 0,2 МПа а) 29,1 б) 291 в) 2,91 г) 0,291 д) 1,45 Ответ: д 3.Определите максимальный диаметр пористого электрода D макс. (мкм), если первый пузырь при продавливании через электрод воды появился при избыточном давлении воздуха 1 МПа а) 29,1 б) 291 в) 2,91 г) 0,291 д) 1,45 Ответ: а 4.Определите максимальный диаметр пористого электрода D макс. (мкм), если первый пузырь при продавливании через электрод воды появился при избыточном давлении воздуха 2 МПа а) 29,1 б) 14,5 в) 2,91 г) 0,291 д) 1,45 Ответ: д

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

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

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области физико-химических процессов в электрохимических преобразователях энергии применительно к технологиям водородной и электрохимической энергетики.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: ИД-2ПК-4 основные процессы в электрохимических преобразователях энергии и источники информации для обновления компетенций в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	1.С использованием портала http://www.sciencedirect.com найти научные работы по ключевому слову: magnetron sputtering FC PEM Сделать подборку из 3-х статей и дать анализ используемых физико-химических методов получения и исследования в топливных элементах с протонообменной мембраной 2.С использованием портала http://www.sciencedirect.com найти научные работы по ключевому слову: A fully spray-coated fuel cell membrane electrode assembly Сделать подборку из 3-х статей и дать анализ используемого метода получения и исследования в электролизерах 3.С использованием портала http://www.sciencedirect.com найти научные работы по ключевому слову: ultrasonic spraying PEM FC Сделать подборку из 3-х статей и дать анализ используемому методу ultrasonic spraying PEM FC получения электродов в топливных элементах с протонообменной мембраной

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Подготовка и защита научного доклада на основе изучения научной статьи из ведущего научного журнала по проблеме водородной и электрохимической энергетики

Формы реализации: Выступление (доклад)

Тип контрольного мероприятия: Реферат

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Реферат выполняется в форме домашнего задания. Защита реферата на практическом занятии.

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области режимов работы энергосистем на водород-воздушных топливных элементах

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: ИД-2ПК-4 анализировать и эффективно использовать методы испытаний элементов электрохимических области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	1. Выбрать научную статью по специальности «Водородная и электрохимическая энергетика». Для источника информации использовать ведущие научные журналы на английском языке, выбранные на портале www.sciencedirect.com По специальности «Водородная и электрохимическая энергетика» можно рекомендовать следующие научные журналы на английском языке. 1. International Journal of Hydrogen Energy 2. Journal of Power Sources 3. Electrochimica Acta 4. Electrochemistry Communications 2. Перевести статью, понять цель статьи, описание проблемы с цитируемыми источниками, используемые методики и инструменты. Разобраться в полученных

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	результатах и выводах 3.Изложить изученный материал в форме реферата. 4.Защитить изученный материал на практическом занятии в кругу студентов группы и преподавателя

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Компоненты электрохимических устройств. Топливные элементы. Ионные проводники. Основные характеристики и особенности применения.
2. Теория адсорбции. Изотерма Ленгмюра.

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} Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

Вопросы, задания

1. Теория адсорбции. Изотерма Фрейндлиха.
2. Дорожная карта и технические цели в развитии технологии топливных элементов. Technical Plan — Fuel Cells DOE
3. Холодный пуск и особенности эксплуатации ТЭ ТПЭ при низких температурах
4. Типы протонпроводящих мембран. Мембрана «Nafion» Механизм переноса протона. Свойства, особенности использования.
5. Методы исследования и характеристики ионных проводников электрохимических устройств.
6. Литий -ионные аккумуляторы. Основные характеристики. Используемые материалы, условия работы и сферы применения.
7. Типы топливных элементов. Особенности их компонентной базы, условий работы и сферы применения.
8. Компоненты электрохимических устройств. Топливные элементы. Ионные проводники. Основные характеристики и особенности применения.
9. Теория адсорбции. Изотерма Поляни.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Назовите основные признаки химической адсорбции (хемосорбции)

Ответы:

- а) обратимость
- б) ван-дер-ваальсовское взаимодействие
- в) энергия взаимодействия адсорбата с подложкой 10–80 кДж/моль
- г) химическое взаимодействие молекул
- д) энергия взаимодействия адсорбата с подложкой 20–120 кДж/моль

Верный ответ: химическое взаимодействие молекул

2. Назовите основные признаки физической адсорбции

Ответы:

- а) обратимость
- б) ван-дер-ваальсовское взаимодействие
- в) энергия взаимодействия адсорбата с подложкой 10–80 кДж/моль
- г) химическое взаимодействие молекул
- д) энергия взаимодействия адсорбата с подложкой 20–120 кДж/моль
- г) необратимость

Верный ответ: а) обратимость

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-4} Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

Вопросы, задания

- 1.Безмембранные топливные элементы с твёрдым полимерным электролитом. Методы формирования и характеристики
- 2.Методика определения активности электродов топливных элементов в полуэлементе. Катодные и анодные поляризационные характеристики
- 3.Методика определения активной поверхности электродов в 3-электродной ячейки и в составе мембрано-электродного блока
- 4.Методы исследования деградации электродных материалов ТЭ ТПЭ и методы ресурсных испытаний
- 5.Методы определения концентрации ПАВ
- 6.Теория адсорбции ПАВ. Правило Дюкло-Траубе
- 7.Теория адсорбции ПАВ. Изотерма Шишковского
- 8.Теория адсорбции. Изотерма Фрумкина.
- 9.Теория адсорбции. Изотерма БЭТ. Метод БЭТ определения уд. поверхности дисперсных материалов.
- 10.Теория адсорбции. Изотерма Темкина.
- 11.Энергетическая система на водород-воздушных топливных элементах ТПЭ с открытым катодом и с внешним охлаждением. Принципиальные схемы и основные элементы
- 12.Тестовая станция для испытания топливных элементов. Принципиальная схема и методы испытаний
- 13.Теория адсорбции. Изотерма Ленгмюра.
- 14.Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Методы разделения физической и химической адсорбции.
- 15.Анализ работы ТЭ по ВАХ. Методы определения составляющих напряжения топливного элемента.
- 16.Механизм восстановления кислорода на катоде ТЭ ТПЭ. Выбор катализатора. Методы исследования активности и основные характеристики.
- 17.Механизм окисления водорода на аноде ТЭ ТПЭ. Выбор катализатора. Методы исследования активности и основные характеристики.
- 18.Диаграмма зависимости удельной энергии от удельной мощности источников питания летательных аппаратов. Типы источников питания, их характеристики и особенности применения.
- 19.Топливные элементы с открытым катодом и закрытым анодом. Принципиальная схема, основные элементы. Особенности применения в летательных аппаратах.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Структура электродов. Определите максимальный диаметр пористого электрода $D_{\text{макс}}$ (мкм),

если первый пузырь при продавливании через электрод воды появился при избыточном давлении воздуха 0,1 МПа

Ответы:

- а) 29,1
- б) 291
- в) 2,91
- г) 0,291
- д) 0,03

Верный ответ: в) 2,91

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

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.