

**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  
Физико-химические методы исследования**

**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 разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства 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: Компьютерное задание

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

Форма реализации: Письменная работа

1. Термодинамика топливного элемента (Тестирование)

2. Электроды сравнения, электродные потенциалы (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред" (Дискуссия)

## БРС дисциплины

### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Термодинамика топливного элемента (Тестирование)

КМ-2 Электроды сравнения, электродные потенциалы (Тестирование)

КМ-3 Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред" (Дискуссия)

КМ-4 Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов (Реферат)

**Вид промежуточной аттестации** – Зачет с оценкой.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4

	Срок КМ:	4	8	12	15
Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек					
Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек	+				
Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.					
Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.			+		
Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.					
Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.				+	
Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки					
Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки					+
	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-2ПК-4 анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	<p>Знать:</p> <p>основные закономерности классических и новых физико-химических методов исследований (электрохимических, спектральных, термографических и хроматографических) применительно в технологиям водородной и электрохимической энергетики;</p> <p>методы характеристики катализаторов, электродов и других элементов электрохимических устройствах преобразования энергии</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить исследования процессов и материалов в электрохимических устройствах преобразования энергии</p>	<p>КМ-1 Термодинамика топливного элемента (Тестирование)</p> <p>КМ-2 Электроды сравнения, электродные потенциалы (Тестирование)</p> <p>КМ-3 Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред" (Дискуссия)</p>

		(топливные элементы, электролизеры, аккумуляторы) анализировать и использовать на практике результаты исследований, давать рекомендации по улучшению параметров исследуемых устройств	
ПК-4	ИД-3 <sub>ПК-4</sub> выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями	Знать: возможности доступа и анализа информационных научных ресурсов (научные журналы, патенты, книги) Уметь: использовать информационные мировые ресурсы (научные журналы, патенты, книги) для выполнения исследований на современном уровне	КМ-4 Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов (Реферат)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Термодинамика топливного элемента

**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 термодинамики топливного элемента

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные закономерности классических и новых физико-химических методов исследований (электрохимических, спектральных, термографических и хроматографических) применительно в технологиям водородной и электрохимической энергетики;	<p>1. Определите значение идеального термодинамического КПД водород-воздушного топливного элемента при <math>T=298</math> К, при давлении водорода <math>0,1</math> МПа, при давлении воздуха <math>0,1</math> МПа и степени использования топлива <math>=0,9</math></p> <p>а) <math>0,747</math> б) <math>0,98</math> в) <math>0,824</math> г) <math>0,850</math> д) <math>0,815</math></p> <p>Ответ: а)</p> <p>2. Определите значение идеального термодинамического КПД водород-воздушного топливного элемента при <math>T=473</math> К, при давлении водорода <math>0,1</math> МПа, при давлении воздуха <math>0,1</math> МПа и степени использования топлива <math>=0,85</math></p> <p>а) <math>0,798</math> б) <math>0,98</math> в) <math>0,654</math> г) <math>0,850</math> д) <math>0,615</math></p> <p>Ответ: в)</p> <p>3. Определите значение идеального термодинамического КПД водород-воздушного топливного элемента при <math>T=673</math> К, при давлении</p>

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	<p>водорода 0,1МПа, при давлении воздуха 0,1 МПа и степени использования топлива =0,80</p> <p>а) 0,798 б) 0,592 в) 0,654 г) 0,850 д) 0,615</p> <p>Ответ: д)</p> <p>4.Определите значение идеального термодинамического КПД водород-воздушного топливного элемента при <math>T=873</math> К, при давлении водорода 0,1МПа, при давлении воздуха 0,1 МПа и степени использования топлива =0,85</p> <p>а) 0,798 б) 0,592 в) 0,654 г) 0,595 д) 0,615</p> <p>Ответ: г)</p>

**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. Электроды сравнения, электродные потенциалы**

**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 расчетов электродных потенциалов

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы характеристики катализаторов, электродов и других элементов электрохимических устройствах преобразования энергии	<p>1. Потенциал электрода при выполнении электрохимических измерений в 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при T=298 оС равен E=0,3 В относительно обратимого водородного электрода сравнения (ОВЭ). Относительно сульфат – ртутного электрода сравнения (Hg/HgSO<sub>4</sub>) значение потенциала электрода составит</p> <p>а) 0,1361 В б) 0,522 В в) 0,9141 В г) 1,025 В д) 1,560 В ответ: в</p> <p>2. Потенциал электрода при выполнении электрохимических измерений в 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при T=298 оС равен E=0,3 В относительно обратимого водородного электрода сравнения (ОВЭ). Относительно насыщенного хлорсеребряного электрода сравнения (Ag/AgCl) составит:</p> <p>а) 0,1361 В б) 0,522 В в) 0,9141 В г) 0,802 д) 1,560 В ответ: г</p> <p>3. Потенциал электрода при выполнении электрохимических измерений в 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при T=298 оС равен E=0,3 В относительно обратимого водородного электрода сравнения (ОВЭ). Относительно насыщенного каломельного электрода сравнения (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>(ТВ.), Hg(ж.)   Cl<sup>-</sup>(насыщ.)) значение потенциала электрода составит:</p> <p>а) 0,1361 В б) 0,522 В в) 0,9141 В г) 0,5415 д) 1,560 В Ответ: в</p> <p>4. Потенциал электрода при выполнении электрохимических измерений в 6 М КОН при T=298 оС равен E=0,3 В относительно обратимого</p>

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	<p>водородного электрода сравнения (ОВЭ). Относительно окисно-ртутного электрода сравнения (Hg/HgO, NaOH) значение потенциала электрода составит</p> <p>а) 0,1361 В б) 0,522 В в) 0,467 г) 1,025 В д) 0,9141 В ответ д</p>

**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. Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Дискуссия

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется на практическом занятии в устной форме.

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний по лабораторным работам

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: анализировать и использовать на практике результаты исследований, давать рекомендации по улучшению параметров исследуемых устройств	<p>1.Опишите форму вольтамперных кривых и ее характерные участки. 2.Определение влияния подачи воздуха на вольтамперную характеристику топливного элемента.</p>

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	3. Напишите основные составляющие напряжения топливного элемента. 4. Как температура топливного элемента влияет на его ЭДС и основные составляющие напряжения. 5. Опишите основные компоненты мембрано-электродного блока ТЭ с протонообменной мембраной и функциональное назначение. 6. Приведите примеры водных технологических сред в электрохимической энергетике
Уметь: проводить исследования процессов и материалов в электрохимических устройствах преобразования энергии (топливные элементы, электролизеры, аккумуляторы)	1. Перечислите основные физико-химические показатели водных технологических сред 2. Назовите основные методы исследования физико-химические показатели водных технологических сред 3. Какова зависимость удельной электропроводности сильных электролитов от концентрации и температуры?

**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. Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется по вариантам теста в форме домашнего задания.

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний в области физико-химических методов исследования

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: возможности доступа и анализа информационных научных ресурсов (научные журналы, патенты, книги)	<p>1. Изучение физико-химических методов исследования на примере разбора и обсуждения научных статей из ведущих научных журналов по теме специальности. Студенты по согласованию с преподавателями выбирают научную статью, переводят ее с английского, делают презентацию, в которой разбирают используемые физико-химические методы исследования, предложенные авторами статьи. В качестве источника информации – необходимо использовать ведущие научные журналы на английском языке, выбранные на портале <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a> International Journal of Hydrogen Energy, Journal of Power Sources, Electrochimica Acta Electrochemistry Communications</p>
Уметь: использовать информационные мировые ресурсы (научные журналы, патенты, книги) для выполнения исследований на современном уровне	<p>1. Сделать подборку статей и дать анализ используемых методов физико-химических исследований. Тематика ключевых слов определяется преподавателем. Для подготовки доклада выделяется время, запланированное на самостоятельную подготовку, а также время практических занятий для доклада и публичного обсуждения из расчета 1 час на одну студенческую презентацию (доклад и обсуждение). В результате индивидуальных докладов студентов по результатам работы над научной статьей и результатов обсуждения оценивается уровень освоения материала студентами и его возможности к освоению сложного и нового материала.</p>

**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

7 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

**Пример билета**

1. Классификация объектов и методов физико-химических исследований применительно к технологиям водородной энергетики
2. Физико-химические свойства водорода и методы его контроля  
Термокондуктометрические средства контроля

**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-2<sub>ПК-4</sub> анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов

**Вопросы, задания**

1. Растровая электронная микроскопия
2. Электрохимическая поляризация. Уравнение Тафеля
3. Методы пробоподготовки
4. Эффективный КПД топливного элемента
5. Сканирующая туннельная микроскопия
6. Основные положения термодинамики электрохимической системы водород-кислородного топливного элемента
7. Хроматографические методы. Газовая хроматография
8. Электроды сравнения. Нормальный водородный электрод. Хлорсеребряный электрод. Окисно-ртутный электрод.
9. Метод низкотемпературной адсорбции азота (Метод БЭТ)

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Определите значение идеального термодинамического КПД водород-воздушного топливного элемента при  $T=473\text{ K}$ , при давлении водорода  $0,1\text{ МПа}$ ,  
Верный ответ: 0,654

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-4</sub> 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. Электрохимическая система водород-кислородного топливного элемента и электролизера разложения воды
2. Классификация методов микроскопии.
3. Электрохимические ячейки для проведения исследований. Электродная система. Устройство и обеспечение точности измерений.
4. Вольтаметрия. Основные принципы и назначение

5. Технологическая схема тестовой для испытания водород-кислородного топливного элемента
6. Методы очистки воды. Ионный обмен.
7. Устройство водород-воздушного топливного элемента и методы исследования его характеристик. Тестовые станции
8. Спектральные методы анализа. Атомная спектроскопия.
9. Методика определения контактного сопротивления на границе электрод-диафрагма (мембрана) электрохимического элемента
10. Методы очистки воды. Обратный осмос.
11. Графический способ определения значения плотности тока обмена (на примере щелочной электролизной ячейки)
12. Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Диффузионные средства контроля
13. Определение составляющих напряжения электролизной ячейки
14. Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Термохимические средства контроля
15. Анализ работы водород-кислородного топливного элемента по вольтамперной характеристике

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Потенциал электрода при выполнении электрохимических измерений в 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при T=298 оС равен E=0,3 В относительно обратимого водородного электрода сравнения (ОВЭ). Относительно сульфат – ртутного электрода сравнения (Hg/HgSO<sub>4</sub>) значение потенциала электрода составит  
Верный ответ: 0,9141 В

### **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.