

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

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	7 семестр - 16 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	7 семестр - 79,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Дискуссия Реферат	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	7 семестр - 0,30 часа;

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

С.И. Нефедкин

(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)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение классических и современные методов физико-химических исследований применительно к технологиям водородной и электрохимической энергетики с целью исследования и улучшения параметров электрохимических устройств, таких как топливные элементы и электролизные ячейки, электрохимические аккумуляторы и конденсаторы.

Задачи дисциплины

- изучить традиционные и современные методы физико-химических исследований применительно к технологиям водородной и электрохимической энергетики;
- освоить методы проведения научных исследований в области водородной и электрохимической энергетики, использовать освоенные физико-химические методы для создания новых элементов электрохимических устройств (электроды-катализаторы, мембраны и диафрагмы), понимать тенденции развития и новые возможности современных методов исследования с использованием последних науки и техники.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-4 Способен к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их элементов	ИД-2 _{ПК-4} анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	знать: - методы характеристики катализаторов, электродов и других элементов электрохимических устройствах преобразования энергии; - основные закономерности классических и новых физико-химических методов исследований (электрохимических, спектральных, термографических и хроматографических) применительно в технологиям водородной и электрохимической энергетики; уметь: - анализировать и использовать на практике результаты исследований, давать рекомендации по улучшению параметров исследуемых устройств; - проводить исследования процессов и материалов в электрохимических устройствах преобразования энергии (топливные элементы, электролизеры, аккумуляторы).
ПК-4 Способен к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их элементов	ИД-3 _{ПК-4} выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок	знать: - возможности доступа и анализа информационных научных ресурсов (научные журналы, патенты, книги). уметь: - использовать информационные мировые ресурсы (научные журналы,

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
	водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями	патенты, книги) для выполнения исследований на современном уровне.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать фундаментальные представления о физико-химических процессах
- знать использовать данные знания в термодинамических расчетах
- знать теоретические основы химических источников тока
- уметь выполнять термодинамические расчеты физико-химических процессов теплоэнергетики и теплотехники
- уметь выполнять расчет кинетических характеристик процессов для выбора оптимальных параметров работы теплоэнергетических и теплотехнических систем

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек	29	7	9	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек" материалу.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение</p>
1.1	Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек	29		9	4	2	-	-	-	-	-	14	-	

														дополнительного материала по разделу "Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 7-73, 98-131 [2], стр. 25 [4], стр. 240-246
2	Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.	36	10	4	4	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии." материалу.	
2.1	Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.	36	10	4	4	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 20-42, 160-175, 185-211 [3], стр. 19	

3	Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.	35		7	4	6	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред." материалу.
3.1	Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.	35		7	4	6	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 131-153, 175-185
4	Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки	26		6	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки" материалу.
4.1	Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной	26		6	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Физико-химические свойства водорода и методы его

	ячейки												контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 20-42 [2], стр.6
	Зачет с оценкой	18.00	-	-	-	-	-	-	-	0.30	-	17.7	
	Всего за семестр	144.00	32	16	16	-	-	-	-	0.30	62	17.7	
	Итого за семестр	144.00	32	16	16	-	-	-	-	0.30	62	17.7	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа.

Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек

1.1. Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа.

Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек

Вводная лекция по специальности с обоснованием места изучаемой дисциплины в общем учебном плане подготовки бакалавров. Физико-химические методы. Объекты исследований и классификация методов. Электрохимическая система. Электродный потенциал. Электрохимические ячейки. Электроды: индикаторные и сравнения. Водородная шкала потенциалов. Хлорсеребряный, каломельный, окисно-ртутный электроды сравнения. Методическое обеспечение электрохимических измерений. Равновесные электрохимические методы исследования. Уравнение Нернста. Потенциометрия. рН-метрия. Стекланный электрод. Ионоселективные электроды. Метод градуировочного графика. Метод стандартных добавок. Изопотенциальная точка. Газочувствительные электроды. Ферментные электроды. Неравновесные электрохимические методы исследования. Вольтамперометрия. Шкала потенциалов восстановления ионов. Индикаторные электроды для определения ионов в катодной и анодной области потенциалов. Ртутный электрод. Полярография. Платиновый и стеклоуглеродный электроды. Методы разделения фарадеевского и емкостного токов. Инверсионная вольтамперометрия. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек. Основные положения термодинамики и кинетики электрохимических систем. Вольтамперная характеристика (ВАХ). Анализ работы топливного элемента по вольтамперной характеристике. Виды поляризации. Измерение потенциалов и омических потерь в мембрано-электродном блоке. Влияние парциального давления кислорода и «crossover» эффекта ВАХ топливного элемента. Определение режима максимальной мощности ТЭ. Тестовые станции ТЭ. Исследование составляющих напряжения электролизной ячейки. Определение тока обмена электрода по ВАХ. Определение контактного сопротивления на границе электрод-диафрагма (мембрана) электрохимического элемента. Определение активной поверхности катализаторов электрохимическими методами. Удельная поверхность. Фактор шероховатости. Методы исследования полимерных мембран..

2. Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.

2.1. Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.

Закономерности процессов массообмена и кинетики на обтекаемых электродах. Дисковый вращающийся электрод (ВДЭ). Уравнение Левича. Использование ВДЭ для определения лимитирующей стадии и кинетических параметров электрохимической реакции. Дисковый вращающийся электрод с кольцом. Электрохимическая импедансная спектроскопия (ЭИС). Эквивалентная схема замещения электрохимической ячейки. Импеданс и годограф импеданса. Диффузионный импеданс Варбурга. Определение составляющих напряжения топливного элемента с использованием ЭИС. Основные характеристики пористых материалов и методы их определения. Экспрессные методы определения характеристик пористых электродов. Методы порометрии. Классификация методов порометрии и диапазоны их применимости. Метод ртутной порометрии. Метод эталонной контактной порометрии. Метод низкотемпературной адсорбции азота (метод БЭТ). Изотерма БЭТ. Микроскопия. Классификация и диапазоны применимости. Оптическая микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Просвечивающая микроскопия. Сканирующая атомно-силовая и туннельная микроскопия..

3. Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.

3.1. Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.

Элементный анализ поверхности. Элементный анализ объемного состава жидкой и твердой фаз. Фазовый анализ. Спектрофотометрия. Атомно-абсорбционная спектрометрия. Люминесцентный метод анализа. Дифрактометрия. Хроматографические методы. Классификация видов хроматографии. Термогравитометрия. Термический гравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальный термический анализ (ДТА).

4. Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки

4.1. Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки

Физико-химические свойства водорода. Свойства водорода на восстановителя и как топлива. Методы контроля концентрации водорода (диффузионные, термохимические, термокондуктометрические. Вольтамперная характеристика топливного элемента и электролизной ячейки. Определение составляющих напряжения. Тестовые ячейки и методы измерений. Тестовые станции. Потенциостаты..

3.3. Темы практических занятий

1. Изучение физико-химических методов исследования на примере разбора и обсуждения научных статей из ведущих научных журналах по теме специальности. Студенты по согласованию с преподавателями выбирают научную статью, переводят ее с английского, делают презентацию, в которой разбирают используемые физико-химические методов методы исследования, предложенные авторами статьи. В качестве источника информации – необходимо использовать ведущие научные журналы на английском языке, выбранные на портале www.sciencedirect.com International Journal of Hydrogen Energy, Journal of Power Sources, Electrochimica Acta Electrochemistry Communications

Для подготовки доклада выделяется время, запанированное на самостоятельную подготовку, а также время практических занятий для доклада и публичного обсуждения из расчета 1 час на одну студенческую презентацию (доклад и обсуждение)..

3.4. Темы лабораторных работ

1. Лабораторная работа №7 [4, С. 6–15] Определение активной поверхности электродов-катализаторов электрохимическими методами;
2. Лабораторная работа №2 [2, С.25-36] Исследование вольтамперной характеристики водород-воздушного топливного элемента;
3. Лабораторная работа №3 [2, стр. 25–36] (4 часа) Исследование физико-химических показателей водных технологических сред.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
основные закономерности классических и новых физико-химических методов исследований (электрохимических, спектральных, термографических и хроматографических) применительно в технологиям водородной и электрохимической энергетики;	ИД-2ПК-4	+				Тестирование/Термодинамика топливного элемента
методы характеристики катализаторов, электродов и других элементов электрохимических устройства преобразования энергии	ИД-2ПК-4		+			Тестирование/Электроды сравнения, электродные потенциалы
возможности доступа и анализа информационных научных ресурсов (научные журналы, патенты, книги)	ИД-3ПК-4				+	Реферат/Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов
Уметь:						
проводить исследования процессов и материалов в электрохимических устройствах преобразования энергии (топливные элементы, электролизеры, аккумуляторы)	ИД-2ПК-4			+		Дискуссия/Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред"
анализировать и использовать на практике результаты исследований, давать рекомендации по улучшению параметров исследуемых устройств	ИД-2ПК-4			+		Дискуссия/Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред"
использовать информационные мировые ресурсы (научные журналы, патенты, книги) для выполнения исследований на современном уровне	ИД-3ПК-4				+	Реферат/Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №7)

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

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Нефедкин, С. И. Физико-химические методы исследований в технологиях водородной и электрохимической энергетики. Курс лекций : учебное пособие по курсу "Физико-химические методы исследований в технологиях водородной и электрохимической энергетики" по направлению "Теплоэнергетика" / С. И. Нефедкин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 216 с. - ISBN 978-5-383-00282-7 .;
2. Нефедкин, С. И. Физико-химические методы исследований. Лабораторные работы N 1-6: Лабораторный практикум : учебное пособие по курсу "Физико-химические методы исследований в технологиях водородной энергетики" по направлению "Теплоэнергетика" / С. И. Нефедкин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 78 с. - ISBN 978-5-383-00159-2 .
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=384;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=384)
3. Нефедкин, С. И. Физико-химические методы получения и исследования дисперсных сред и наноматериалов : лабораторные работы № 1-6 : лабораторный практикум / С. И. Нефедкин, М. А. Климова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 96 с. - ISBN 978-5-7046-2134-8 .
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10863;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10863)

4. Коровин Н. В., Кулешов Н. В., Гончарук О. Н., Камышова В. К., Ланская И. И., Мясникова Н. В., Осина М. А., Удрис Е. Я., Яштулов Н. А.- "Общая химия. Теория и задачи", (5-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (492 с.)
<https://e.lanbook.com/book/158949>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-301а, Научно-образовательная лаборатория "Водородная энергетика и электрохимические технологии"	рабочее место сотрудника, стул, стол письменный, оборудование для экспериментов, оборудование учебное, компьютер персональный, принтер, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	А-324, Научно-образовательная лаборатория "Водородная энергетика и электрохимические технологии"	стол, стул, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, тумба, компьютер персональный, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, стенд лабораторный
Учебные аудитории для проведения	А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая,

промежуточной аттестации		мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы	А-413/3, Компьютерный класс каф. "ХиЭЭ"	рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, ноутбук, компьютер персональный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-химические методы исследования

(название 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.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек					
1.1	Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек		+			
2	Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.					
2.1	Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.			+		
3	Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.					
3.1	Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.				+	
4	Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки					
4.1	Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25