

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

Рабочая программа дисциплины
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.07
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Реферат	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2022

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 специальных вопросов и физико-химических процессов в электрохимических преобразователях энергии в режимах пуска, ресурсных испытаний, работы в широком интервале температур применительно к технологиям водородной и электрохимической энергетики.

Задачи дисциплины

- ознакомиться с особенностями физико-химических процессов в электрохимических преобразователях энергии в режимах пуска, ресурсных испытаний, работы в широком интервале температур применительно к технологиям водородной и электрохимической энергетики;

- освоить методы испытаний элементов электрохимических преобразователей энергии, международными и Российскими стандартами в области устройств водородной энергетики;

- ознакомиться с закономерностями адсорбционных процессов физико-химических процессов в электрохимических преобразователях энергии;

- ознакомиться с используемыми в научных работах методами для исследования физико-химических процессов в электрохимических преобразователях энергии;

- научиться принимать решения и обосновывать выбор физико-химических методов для решения вопросов правильного функционирования электрохимических преобразователей энергии в не стандартных условиях.

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 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 _{ПК-4} Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-1 _{ПК-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-1 _{ПК-4} эффективно использовать методы испытаний элементов электрохимических преобразователей энергии, международные и Российские стандарты, разрабатывать мероприятия по обеспечению штатных условий эксплуатации электрохимических устройств.
ПК-4 Способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов,	ИД-2 _{ПК-4} Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической	знать: - ИД-2 _{ПК-4} основные процессы в электрохимических преобразователях энергии и источники информации для обновления компетенций в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
разработке норм их расхода, расчету потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах	энергетики и их элементов	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-2ПК-4 анализировать и эффективно использовать методы испытаний элементов электрохимической области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Теоретическая электрохимия
- знать Физическая химия
- знать Водородная и электрохимическая энергетика
- знать Теоретические основы химических источников тока
- знать фундаментальные представления о физико-химических процессах
- знать использовать данные знания в термодинамических расчетах
- знать направленных на выбор оптимальных характеристик энергетических систем и установок
- 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	Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ	27	2	4	-	8	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 7–20, 42–73 [5], 188-192</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний"</p>
1.1	Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ	27		4	-	8	-	-	-	-	-	15	-	
2	Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний	27		4	-	8	-	-	-	-	-	15	-	
2.1	Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом.	27		4	-	8	-	-	-	-	-	15	-	

	Электроды-катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний												<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 8–18 [2], 68–83 [5], 386-397
3	Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур	27	4	-	8	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3.1	Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур	27	4	-	8	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: Подготовка и защита научного доклада на основе изучения научной статьи из ведущего научного журнала по проблеме эксплуатации устройств водородной и электрохимической энергетики в критических условиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 68–83 [4], 130–158

4	Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах. Методы определения энергетической эффективности, методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты. Дорожные карты развития технологии.	27	4	-	8	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: Подготовка и защита научного доклада на основе изучения научной статьи из ведущего научного журнала по проблеме эксплуатации устройств водородной и электрохимической энергетики в критических условиях
4.1	Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах. Методы определения энергетической эффективности, методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты. Дорожные карты развития технологии	27	4	-	8	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах. Методы определения энергетической эффективности, методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты. Дорожные карты развития технологии." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах. Методы определения энергетической эффективности, методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты. Дорожные карты развития технологии." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 130–158
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	16	-	32	2	-	-	0.5	93.5			

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. Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ

1.1. Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ

Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Методы разделения физической и химической адсорбции. Теория адсорбции. Изотерма Ленгмюра. Изотерма Поляни.. Изотерма Фрейндлиха. Изотерма Темкина. Изотерма БЭТ. Метод БЭТ для определения удельной поверхности дисперсных материалов. Изотерма Фрумкина. Теория адсорбции ПАВ. Изотерма Шишковского. Правило Дюкло-Траубе. Методы определения концентрации ПАВ..

2. Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний

2.1. Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний

Топливные элементы с твердым полимерным электролитом. Катализаторы и газодиффузионные электроды. Протонпроводящие мембраны. Основные характеристики, методы характеристики и испытаний. Методика определения активной поверхности электродов в 3-электродной ячейки и в составе мембрано-электродного блока. Методика определения активности электродов топливных элементов в полуэлементе. Катодные и анодные поляризационные характеристики. Методы определения сопротивления ионных проводников..

3. Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур

3.1. 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. Основные закономерности электрохимических и тепломассообменных процессов. Особенности работы в штатном и нештатном режимах. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур.

4. Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах. Методы определения энергетической эффективности, методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты. Дорожные карты развития технологии.

4.1. 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. Технический план DOE. Методы исследования деградации электродных материалов ТЭ ТПЭ и методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты по топливным элементам. и Безмембранные топливные элементы с твердым полимерным электролитом. Методы формирования и характеристики. Дорожная карта и технические цели в развитии технологии топливных элементов. Technical Plan — Fuel Cells DOE.. Принципиальные схемы и основные

элементы. Тестовая станция для испытания топливных элементов. Принципиальная схема и методы испытаний.

3.3. Темы практических занятий

1. Подбор материалов для выполнения и защиты материалов доклада основан на изучении базы данных зарубежных научных журналов с использованием портала <http://www.sciencedirect.com>. (24 часа);
2. Освоение методов информационного поиска в базах данных научно-технических и патентных источников. Обсуждение методов исследования и испытаний энергосистем на топливных элементах (8 часов).

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах. Методы определения энергетической эффективности, методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты. Дорожные карты развития технологии."

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:						
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	ИД-1ПК-4	+				Тестирование/Электрохимические процессы на электродах. Изотермы адсорбции.
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	ИД-2ПК-4			+		Тестирование/Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов
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	ИД-1ПК-4		+			Тестирование/Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Структура электродов.
ИД-2ПК-4 анализировать и эффективно использовать методы испытаний элементов электрохимических области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	ИД-2ПК-4				+	Реферат/Подготовка и защита научного доклада на основе изучения научной статьи из ведущего научного журнала по проблеме водородной и электрохимической энергетики

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

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 2 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. 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://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=384;

2. Нефедкин, С. И. Автономные энергетические установки и системы : учебное пособие по курсу "Автономные энергоустановки и системы" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. И. Нефедкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 218 с. - ISBN 978-5-7046-1847-8 .

http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10105;

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;

4. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 280 с. - ISBN 5-7046-1185-0 .;

5. 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. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Специальные вопросы физической химии

(название 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.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ					
1.1	Поверхностные явления и адсорбция. Виды адсорбции. Теория и изотермы адсорбции. Теория адсорбции ПАВ		+			
2	Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний					
2.1	Компоненты топливных элементов с твердым полимерным электролитом. Электроды- катализаторы и ионные проводники. Методы характеристики и испытаний			+		
3	Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур					
3.1	Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с открытым катодом. Особенности работы при пуске и в широком диапазоне температур				+	
4	Энергосистема на водород-воздушных топливных элементах. Методы определения энергетической эффективности, методы ресурсных испытаний. Международные и национальные стандарты. Дорожные карты развития технологии.					
4.1	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

