

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 11.07.2023 11:02:46
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Возобновляемая солнечная
энергетика (renewable solar
energy)»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА (HYDROGEN ENERGY)ВОДОРОДНАЯ
ЭНЕРГЕТИКА (HYDROGEN ENERGY)»

для подготовки магистров

по направлению

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

по программе

«Возобновляемая солнечная энергетика (renewable solar energy)»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

профессор, д.т.н., старший научный сотрудник Теруков Е.И.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Фот
16.05.2022, протокол № 3/22

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭЛ, 16.06.2022, протокол № 3/22

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	Фот
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	2
Семестр	3
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	2

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА (HYDROGEN ENERGY)ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА (HYDROGEN ENERGY)»

В дисциплине рассмотрены основные физические принципы работы топливных элементов, а также современное состояние и основные физические проблемы водородной энергетики. Подробно анализируются методы исследования и характеристики основных компонентов топливных элементов.

SUBJECT SUMMARY

«HYDROGEN ENERGY»

The course covers the main physical studies of the operation of fuel cells, as well as the main states and main physical problems of hydrogen energy. Methods for studying and characterizing the main components of fuel cells are analyzed in detail.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целями дисциплины являются изучение основных физических принципов работы топливных элементов и основные физические проблемы водородной энергетики, формирование умений и навыков исследования и характеристики основных компонентов топливных элементов.

2. Задачи изучения дисциплины:

-получение знаний об основных физических принципах работы топливных элементов, а также о современном состоянии и основных физических проблемах водородной энергетики, методах исследования и характеристики основных компонентов топливных элементов;

-формирование умений и навыков измерения параметров топливных элементов, их грамотного применения, исследования и характеристики основных компонентов топливных элементов.

3. Знания:

-основных физических принципах работы топливных элементов;

-о современном состоянии и основные физических проблемах водородной энергетики;

-методов исследования и характеристики основных компонентов топливных элементов

4. Умения:

-измерять параметры топливных элементов;

-проводить исследования основных компонентов топливных элементов.

5. Навыки грамотного применения топливных элементов.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Возобновляемые источники энергии (Renewable Energy Sources)»
2. «Диагностика материалов и структур солнечной энергетики (Diagnostics of Solar Energy Materials and Structures)»
3. «Процессы микро-и нанотехнологии (Micro-and Nanotechnology Processes)»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
СПК-23	Способен осуществлять проектирование солнечных фотоэлектрических преобразователей и выбор конструктивно-технологических вариантов их создания
<i>СПК-23.1</i>	<i>Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований солнечных фотоэлектрических преобразователей</i>
<i>СПК-23.2</i>	<i>Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования солнечных фотоэлектрических преобразователей</i>
<i>СПК-23.3</i>	<i>Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов солнечных фотоэлектрических преобразователей</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			
2	Основные принципы работы топливного элемента	6	4		13
3	Современное состояние и физические проблемы водородной энергетики	6	6		13
4	Технологические особенности формирования мембранно-электродных блоков топливных элементов	10	12		25
5	Характеризация топливных элементов	10	12	1	24
6	Заключение	1			
	Итого, ач	34	34	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет дисциплины. Место водородной энергетики среди возобновляемых источников энергии.
2	Основные принципы работы топливного элемента	Краткая история развития топливных элементов. Топливный элемент. Достоинства и недостатки топливных элементов. Типы топливных элементов. Принцип работы твердополимерного топливного элемента. Применение топливных элементов.
3	Современное состояние и физические проблемы водородной энергетики	Методы получения водорода и материалы для хранения водорода. Твердополимерные электролиты, мембраны. Высокоэффективные катализаторы для топливных элементов. Топливные элементы. Суперионные проводники и материалы композиционных электродов топливных элементов. Литиевые источники тока и суперконденсаторы.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Технологические особенности формирования мембранно-электродных блоков топливных элементов	Мембранно-электродный блок. Компоненты мембранно-электродного блока. Новейшие технологии в области носителей катализаторов. Изготовление мембранно-электродных блоков. Мембраны типа «Нафион». Строение, модели, свойства. Электрохимические методы получения пористых материалов для топливных элементов. Электропроводящие полимеры для низкотемпературных топливных элементов. Золь-гель-наноконпозиты – перспективные материалы для мембран и каталитических слоев топливных элементов.
5	Характеризация топливных элементов	Вольт-амперные характеристики топливных элементов. Метод электрохимического импеданса. Применение методов электронной микроскопии для изучения структуры каталитических слоев. Исследование ансамблей каталитических частиц методами сканирующей зондовой микроскопии. Изучение диффузии зарядов в ансамблях каталитических наночастиц Pt различной плотности. Исследование токовых характеристик сборок каталитических слоев и протонпроводящих мембран.
6	Заключение	Перспективы водородной энергетики.

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Топливные элементы	5
2. Методы получения водорода и материалы для хранения водорода	5
3. Литиевые источники тока и суперконденсаторы	4
4. Мембраны типа «Нафион». Строение, модели, свойства	4
5. Электропроводящие полимеры	4
6. Золь-гель-наноконпозиты	4
7. Вольт-амперные характеристики топливных элементов	4
8. Характеризация основных компонентов топливных элементов	4
Итого	34

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Цель: проведение обучающимся самостоятельного поиска и анализа информации по заданной теме, углубление знаний, полученных на лекциях, освоения навыков расширения своего профессионального кругозора, представления информации и участия в дискуссии. Студенты получают на выбор темы для устных докладов с презентацией.

Список примерных тем:

Доклад №1

1. Lithium batteries.
2. Supercapacitors.
3. The history of fuel cells.
4. Application of fuel cells.
5. Hydrogen generation.

Доклад №2

1. Conductive polymers.
2. Sel-gel nanocomposites.
3. "Nafion" membranes.
4. Low temperature fuel cells.
5. Porous materials for fuel cells.

Рекомендованное содержание доклада/презентации:

1. Титульный слайд (тема, автор).

2. Формулирование основной проблемы/ содержание доклада.
3. Историческая справка.
4. Основная часть.
5. Заключение/выводы.

Количество слайдов или изображений должно быть достаточным для раскрытия заданной темы, но не более 25 шт. На слайдах должен быть представлен преимущественно визуальный материал (рисунки, фотографии, схемы, графики, таблицы, формулы, видео). Допускается текст в виде тезисов. Не допускается заполнение слайда преимущественно текстом. Презентация должна быть оформлена лаконично, с применением визуальных стилей, цветовых решений и шрифтов, позволяющих слушателям комфортно воспринимать визуальную информацию.

Процедура защиты темы во время доклада.

Студент самостоятельно готовит презентацию в электронном виде (например, в редакторе PowerPoint) в соответствии с требованиями по содержанию и оформлению. Во время устного доклада не допускается только чтение материала с листа или слайда, материал должен подаваться обучающимся в виде свободного рассказа. Доклад должен длиться не более 10 минут. После доклада преподаватель может задать уточняющие вопросы, затем студенты в группе приглашаются к дискуссии по теме доклада.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и ин-

формационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	25
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	25
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	25
ИТОГО СРС	75

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Основы водородной энергетики / [С.С. Карпова [и др.] ; под ред. В.А. Мошникова и Е.И. Терукова], 2010. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
2	Сибикин, Юрий Дмитриевич. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие для бакалавриата ”Электро-и теплоэнергетика” / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин, 2019. -227, [1] с.	50
3	Роза, Альдо Виейра да. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы : [учеб. пособие] / А. да Роза ; пер. с англ. под ред. С. П. Малышенко, О. С. Попеля, 2010. -702, [1] с.	6
4	Альтернативная энергетика : электронное учебное пособие / О. А. Александрова, Д. В. Жилина, А. И. Максимов [и др.], 2022. -1 эл. опт. диск (CD-ROM). -Текст : электронный.	неогр.
Дополнительная литература		
1	Карпов, Дмитрий Алексеевич. Плазменные технологии для модификации поверхности, синтеза наноматериалов и использования в водородной энергетике : [монография] / Д. А. Карпов, В. Н. Литуновский ; под ред. В. И. Шаповалова, 2020. -394 с. -Текст : непосредственный.	10
2	Мартюшев Д. А. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] : учебное пособие, 2015. -136 с.	неогр.
3	Антропов А. П. Физико-химические аспекты конструирования возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] : учебное пособие, 2019. -63 с.	неогр.
4	Юдаев И. В. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс], 2021. -328 с.	неогр.

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Водородная энергетика https://energy.hse.ru/hydroenergy
2	Водородная энергетика -РОСАТОМ https://rosatom.ru/production/vodorodnaya-energ-etika/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=13411>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Водородная энергетика (Hydrogen Energy)» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

Особенности допуска

Допуск к дифф. зачету: посетить не менее 70% лекционных и не менее 80% практических занятий, сделать два доклада на практических занятиях, которые должны быть зачтены преподавателем. Дифференциальный зачет проводится в устной форме по билетам, содержащим два теоретических вопроса.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Basic working principles of fuel cells
2	Advantages and disadvantages of fuel cells
3	Types of fuel cells
4	Working principle of solid oxide fuel cells
5	Application of fuel cells
6	Hydrogen generation and storage
7	Solid polymer electrolyte, membranes
8	High efficiency catalyzers for fuel cells
9	Fast ion conductors and materials for composite electrodes in fuel cells
10	Lithium batteries and superconductors
11	Processes in a polymer electrolyte membrane
12	Processes in catalytic regions
13	Membrane-electrode assembly
14	Components of a membrane-electrode assembly
15	Advanced technologies in the field of catalyzer carriers
16	Production of a membrane-electrode assembly
17	Electrochemical methods of fabrication of porous materials for fuel cells
18	Conductive polymers
19	Application of conductive polymers in low temperatures fuel cells
20	Fabrication of platinum group catalyzers on polymer substrate
21	Catalytic layers
22	Modification of Модификация "Nafion" proton conducting membranes
23	Production of membrane-electrode assembly
24	Bipolar plates
25	Sol-gel nanocomposites – promising materials for membranes and catalytic layers in fuel cells
26	Current-voltage characteristics of fuel cells
27	The method of electrochemical impedance

28	Application of electron microscopy for catalytic layers structure characterization
29	Investigation of catalytic particles ensembles by scanning probe microscopy
30	Investigation of charge diffusion in ensembles of Pt catalytic nanoparticles with various densities
31	Investigation of current characteristic of the assemblies of catalytic layers and proton conducting membranes.

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Hydrogen Energy** ФЭЛ

1. Basic working principles of fuel cells .
2. Fabrication of platinum group catalyzers on polymer substrate.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

С.А. Тарасов

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
5	Основные принципы работы топливного элемента Современное состояние и физические проблемы водородной энергетики	
6		
7		
8		Доклад / Презентация
14	Технологические особенности формирования мембранно-электродных блоков топливных элементов Характеризация топливных элементов	
15		
16		
17		Доклад / Презентация

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **70** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифференцированный зачет.

на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифференцированный зачет и представления двух докладов.

В течение семестра каждый студент обязан подготовить два доклада, которые должны быть зачтены преподавателем.

Критерии оценивания:

1. Оформление презентации.
2. Стиль устного изложения.
3. Полнота раскрытия темы.
4. Актуальность изложенного материала.
5. Ответы на вопросы.

Доклад оценивается по системе зачет/незачет.

Оценка "зачет" выставляется если тема раскрыта полностью, материал в целом актуален, презентация оформлена без грубых нарушений, студент удовлетворительно ответил на заданные вопросы.

Оценка "незачет" выставляется если тема не раскрыта, материал неактуален, презентация оформлена с грубыми нарушениями, студент не ответил на заданные вопросы.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, компьютер, проектор, экран.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, компьютер, проектор, экран.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА