

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«29» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ - очная

Твердооксидные топливные элементы			
Направление подготовки/специальность	16.04.01 Техническая физика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Пучковые и плазменные технологии		
Специализация	Пучковые и плазменные технологии		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	24	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч		152	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации

экзамен

Обеспечивающее подразделение

НОЦ Б.П. Вейнберга

Заведующий кафедрой –
руководитель
научно-образовательного
центра на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

В. Кривобок	Кривобоков В.П.
Сиделёв	Сиделёв Д.В.
Соловьёв	Соловьёв А.А.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся по ООП «Техническая физика» (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ПК(У)-1	Способность критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	ПК(У)-1.У1	Умеет анализировать, планировать и проводить исследования в области пучковых и плазменных технологий, связанных с синтезом, обработкой и применением различных материалов и структур
		ПК(У)-1.31	Обладает знаниями о современном состоянии теоретических и экспериментальных работ в области пучковых и плазменных технологий, связанных с синтезом, обработкой и применением различных материалов и структур
ПК(У)-3	Готовность осваивать и применять современные физико-математические методы для решения профессиональных задач в области технической физики, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов	ПК(У)-3.В1	<i>Владеет</i> современными методами модификации поверхности материалов, создания новых материалов и структур с использованием плазмы и пучков, а также методами анализа свойств материалов и поверхностных структур
		ПК(У)-3.У1	<i>Умеет</i> проводить теоретические и экспериментальные исследования в области пучковых и плазменных технологий обработки материалов, создания новых материалов и структур составлять отчёты и практические рекомендации по использованию полученных результатов
		ПК(У)-3.31	<i>Обладает знаниями</i> о физических принципах, лежащих в основе современных технологий обработки материалов, создания новых материалов и структур, базирующихся на использовании плазмы и пучков заряженных частиц
ПК(У)-4	Способность представлять результаты исследования в формах отчётов, рефератов, публикаций и презентаций	ПК(У)-4.В1	Владеет навыками обработки, интерпретации и представления результатов научного исследования, приёмами публичных выступлений и ведения дискуссий
		ПК(У)-4.У1	<i>Умеет</i> применять современные компьютерные технологии и информационные ресурсы для представления результатов исследования в формах отчётов, рефератов, публикаций и презентаций
ПК(У)-8	Способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоёмкие технологии в областях технической физики, связанных с	ПК(У)-8.В1	Владеет навыками разработки и оптимизации современных наукоёмких технологий в областях технической физики, связанных с применением пучковых и плазменных технологий
		ПК(У)-8.У1	Умеет анализировать параметры работы современного плазменного и пучкового оборудования, управлять его работой с целью достижения заданных технологических целей, с учётом экономических и экологических

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
	применением пучковых и плазменных технологий, с учетом экономических и экологических требований		требований
		ПК(У)-8.31	Обладает знаниями о физических принципах, лежащих в основе современных радиационных и плазменных технологий модифицирования поверхностных свойств материалов и создания материалов, обладающих новыми функциональными характеристиками

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Готовность применять на практике знания о принципах работы и методах анализа функциональных характеристик разных видов твердооксидных топливных элементов.	ПК(У)-1 ПК(У)-8
РД-2	Владеть современными способами проектирования и изготовления твердооксидных топливных элементов и топливных ячеек.	ПК(У)-3 ПК(У)-8
РД-3	Способность выполнять обработку, интерпретацию и представление результатов, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях в области создания топливных элементов для водородной энергетики.	ПК(У)-4

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Процессы, происходящие в твердооксидных топливных элементах. Принципы их функционирования.	РД-1	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	34
Раздел 2. Технологии изготовления ТОТЭ.	РД-1 РД-2	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	40
Раздел 3. Конструкции топливных твердооксидных элементов.	РД-1 РД-2	Лекции	2
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	38

Раздел 4. Анализ состояния ТОТЭ в зависимости от действующих факторов. Механические напряжения, возникающие в одиночных ТЭ и стеках ТЭ.	РДЗ	Лекции	-
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	40

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Процессы, происходящие в твердооксидных топливных элементах. Принципы их функционирования.

Темы лекций

1. Принципы функционирования ТОТЭ.
2. Современное состояние разработок в области ТОТЭ.

Темы практических занятий:

1. ЭДС разомкнутой цепи топливного элемента. Уравнение Нернста. Потери, возникающие при работе ТОТЭ.
3. Семинарское занятие с сообщениями студентов по теме «Достижения мировых лидеров, занимающихся разработкой и изготовлением ТОТЭ».

Названия лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Изготовление двухслойных Ni/YSZ анодов твердооксидных топливных элементов методом высокотемпературного спекания сырой ленты, полученной методом шликерного литья (часть 1, часть 2, часть 3).

Раздел 2. Технологии изготовления ТОТЭ.

Тема лекции

1. Применение вакуумно-плазменных методов для создания тонкоплёночных ТОТЭ.

Темы практических занятий

1. Технологии изготовления ТЭ и их компонентов..
2. Изготовление керамических изделий из порошков.
3. Изготовление анодов ТОТЭ. Контрольная работа по разделу 2.
4. Обсуждение вакуумно-плазменных методов для создания тонкоплёночных ТОТЭ (семинарское занятие с сообщениями студентов, подготовленными по статьям из научной литературы).

Названия лабораторных работ

Лабораторная работа 2. Изготовление многослойной конструкции анод-электролит ламинированием пленок, полученных методом шликерного литья из соответствующих материалов, и последующим высокотемпературным спеканием (часть 1, часть 2, часть 3).

Раздел 3. Конструкции твердооксидных топливных элементов

Тема лекции

1. Основные функциональные характеристики ТОТЭ и топливных ячеек.

Темы практических занятий

1. Вольтамперные характеристики ТОТЭ. ЭДС. Электрическое сопротивление.
2. Вольтамперные характеристики ТОТЭ (экспериментальные методы диагностики).
3. Электрическая мощность. Электрический коэффициент полезного действия. Контрольная работа по разделу 3.
4. Семинарское занятие с докладами студентов (часть 1).
5. Семинарское занятие с докладами студентов (часть 2).

Названия лабораторных работ

Лабораторная работа 3. Изготовление намазных катодов ТОТЭ с помощью LSM содержащей пасты и присоединение токосъемов к ТОТЭ (часть 1, часть 2, часть 3).

Раздел 4. Анализ состояния ТОТЭ в зависимости от действующих факторов. Механические напряжения, возникающие в одиночных ТЭ и стеках ТЭ.

Темы практических занятий

1. Водородопроницаемость материалов ТОТЭ.
2. Исследование характеристик одиночных ТОТЭ.
3. Проблемы, возникающие при производстве ТОТЭ в современных условиях, и пути их решения.
4. Методы тестирования работоспособности твердооксидных топливных элементов и структур на их основе (часть 1).
5. Методы тестирования работоспособности твердооксидных топливных элементов и структур на их основе (часть 2). Контрольная работа по разделу 4.

Название лабораторной работы

Лабораторная работа 4. Исследование вольт-амперных и мощностных характеристик топливной ячейки на высокотемпературном газовом стенде для изучения параметров ТОТЭ (часть 1, часть 2, часть 3).

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Соловьёв, Андрей Александрович «Твердооксидные топливные элементы» [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. А. Соловьёв, В. П. Кривобоков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), 2013.— Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m065.pdf>

2. Введение в плазменные технологии и водородную энергетику [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Юрьева, А. Н. Ковальчук; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.9 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m067.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература

1. Ушаков, В. Я. Современные проблемы электроэнергетики : учебное пособие [Электронный ресурс] / В. Я. Ушаков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 28 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m191.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. <http://www.lib.tpu.ru/> - Научно-техническая библиотека ТПУ
2. <http://www.sciencedirect.com/>
3. <http://www.springerlink.com/>
4. Сборник программного обеспечения для студентов НИ ТПУ, режим доступа <https://vap.tpu.ru>

Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

1. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>
2. Электронная библиотека Grebennikon - <http://www.lib.tsu.ru/ru/news/elektronnaya-biblioteka-grebennikon-0>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

Свободно распространяемое бесплатное программное обеспечение:

1. Document Foundation LibreOffice.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ):

1. Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian Academic,
2. Mozilla Firefox ESR, Google Chrome.

7. Требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск,	Компьютер - 1 шт.; проектор - 1 шт.; экран – 1 шт.; доска аудиторная настенная - 1 шт.; автоматизированная установка для изготовления многослойных структур ячеек твердооксидных топливных элементов "РИТМ-СП" – 1 шт.; комплект учебного оборудования для демонстрации основных

	Ленина проспект, 2, стр. 4 2456	элементов и процессов водородной энергетики - 1 шт.; комплект оборудования для создания тонкопленочных твердооксидных топливных элементов - 1 шт.; комплект лабораторного оборудования для проведения лабораторных работ по определению PO_2 -профиля пламени - 1 шт.; автоматический стенд для изучения характеристик полимерных топливных элементов – 1 шт.; комплект учебной мебели на 18 посадочных мест
--	------------------------------------	--

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 16.04.01 Техническая физика, специализация «Пучковые и плазменные технологии» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Доцент		Соловьёв А.А.

Программа одобрена на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ (протокол от 25.06.2020 г. № 42).

Заведующий кафедрой – руководитель
Научно-образовательного центра Б.П.
Вейнберга
на правах кафедры, д.ф.-м.н,
профессор

/Кривобоков В.П./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга (протокол)