

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 2019 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ – очная

Применение плазмы и пучков заряженных частиц в атомной и космической промышленности

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	II	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	40	
	Лабораторные занятия	-	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, часов		168	
ИТОГО, часов		216	

Вид промежуточной аттестации

экзамен

Обеспечивающее подразделение

НОЦ Б.П. Вейнберга

Заведующий кафедрой-руководитель НОЦ Б.П. Вейнберга на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

В. Кривобоков	Кривобоков В.П.
Сиделёв	Сиделёв Д.В.
В. Кривобоков	Кривобоков В.П.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся по ООП «Пучковые и плазменные технологии» (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
		ОПК(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)-8	Способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоёмкие технологии в областях технической физики, связанных с применением пучковых и плазменных технологий, с учетом экономических и экологических 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

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Обладать глубокими знаниями в области воздействия плазмы, пучков заряженных частиц и электромагнитного излучения на материалы ядерной и космической техники.	ПК(У)-8
РД-2	Знать основные свойства плазмы и потоков ионизирующих излучений в ядерно-энергетических установках и космических аппаратах. Уметь анализировать и решать задачи прогнозирования поведения материалов и изделий при воздействии излучений ядерно-энергетических установок и факторов космического пространства (вакуум, плазма, пучки заряженных частиц и т.д.).	ПК(У)-3
РД-3	Получить представление о технологиях и оборудовании для плазменной и радиационной обработки, а также радиационных испытаний, материалов в интересах ядерной энергетики и космической техники (промышленности).	ПК(У)-1

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. Введение. Основные задачи, понятия и терминология курса	РД-1	Лекции	2
		Практические занятия	
		Самостоятельная работа	7
Раздел 2. Радиационная и плазменная обработка материалов атомной энергетики	РД-1, РД-2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	14
Раздел 3. Прочность, совместимость и радиационная стойкость реакторных материалов	РД-2	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 4. Конструкционные материалы активной зоны ядерного реактора	РД-1, РД-2	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 5. Теплоносители ядерных энергетических установок	РД-1, РД-2	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 6. Делящиеся материалы	РД-1, РД-2	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	21
Раздел 7. Низкотемпературная	РД-3	Лекции	2

плазма в процессах получения дисперсных материалов для атомной энергетики		Практические занятия	
		Самостоятельная работа	7
Раздел 8. Плазменные защитные покрытия в технологиях обработки материалов атомной энергетики	РД-1, РД-3	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 9. ВЧ электромагнитные поля в процессах получения керамических тугоплавких материалов для атомной энергетики	РД-1, РД-3	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 10. Нейтронные технологии	РД-2	Лекции	
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	14
Раздел 11. Управляемый термоядерный синтез	РД-2	Лекции	
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	14
Раздел 12. Физика космоса	РД-2	Лекции	
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	14
Раздел 13. Ионные и ядерные двигатели для космических аппаратов	РД-1	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 14. Имитаторы условий космического пространства, в том числе потоков заряженных частиц	РД-1, РД-3	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 15. Электризация космических аппаратов	РД-1, РД-3	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 16. Воздействие потоков микрометеоритов	РД-2, РД-3	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 17. Радиационные испытания материалов и изделий	РД-3	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7
Раздел 18. Плазменные установки для осаждения модифицирующих покрытий на элементы космических аппаратов	РД-2	Лекции	
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	7

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Основные задачи, понятия и терминология курса

1. Задачи и содержание курса. Терминология.
2. Роль атомной энергетики в энергетическом балансе.
3. Материалы атомной энергетики.
4. Обращение ядерного топлива.
5. Материаловедение в космической технике.

6. Основы безопасности в пучковых и плазменных технологиях.

Тема лекции 1: «Введение. Основные понятия и определения, терминология курса, технологии и промышленная безопасность».

Раздел 2. Радиационная и плазменная обработка материалов атомной энергетики

1. Схема ядерно-энергетической установки.
2. Типы ядерных реакторов.
3. Реакторные материалы. Общие требования.
4. Материалы активной зоны:
 - оболочки твэлов;
 - замедлитель и отражатель нейтронов;
 - поглощающие материалы системы управления и защиты;
 - материалы канальных реакторов;
 - материалы корпусных реакторов;
 - материалы активной зоны быстрых реакторов.
5. Требования к материалам узлов, находящихся за пределами активной зоны.

Тема лекции 2: «Схема ядерно-энергетической установки».

Тема практического занятия 1: «Типы и конструкции ядерно-энергетических установок. Материалы ядерных реакторов».

Раздел 3. Прочность, совместимость и радиационная стойкость реакторных материалов

1. Радиационные дефекты в кристаллической решётке.
2. Жаропрочность и деформация материалов.
 - деформация и разрушение;
 - развитие трещин;
 - жаропрочность;
 - ползучесть;
 - разрушение при знакопеременных нагрузках («усталость»).
3. Совместимость реакторных материалов.

Тема практического занятия 2: «Радиационные дефекты в конструкционных материалах активной зоны. Жаропрочность, деформация и совместимость реакторных материалов».

Раздел 4. Конструкционные материалы активной зоны ядерного реактора

1. Бериллий.
2. Графит.
3. Материалы стержней регулирования и защиты.
4. Магний и его сплавы.
5. Алюминий и его сплавы.
6. Цирконий и его сплавы.
7. Аустенитные нержавеющие хромоникелевые стали.

Тема практического занятия 3: «Материалы замедлителей, отражателей, оболочек твэлов. Плазменное осаждение защитных покрытий на поверхность оболочек твэлов».

Раздел 5. Теплоносители ядерных энергетических установок

1. Поверхности теплообмена, отвод тепла и теплоносители.
2. Жидкометаллические теплоносители.
3. Органические теплоносители.
4. Газовые теплоносители:
 - углекислый газ;
 - гелий;
 - воздух;
 - диссоциирующие газы.
5. Вода.
6. Технологическая обработка теплоносителей.

Тема практического занятия 4: «Теплоотвод и теплоносители».

Раздел 6. Делящиеся материалы

1. Физические свойства урана.
2. Радиационный рост урана.
3. Радиационное распухание (свеллинг).
4. Влияние облучения на механические свойства урана.
5. Сплавы урана.
6. Совместимость урана с оболочкой твэла. Коррозия урана.
7. Плутоний и его сплавы.
8. Торий и его сплавы.
9. Керамическое и дисперсное ядерное горючее.
10. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов.

Тема лекции 3: «Делящиеся материалы и их переработка».

Тема практического занятия 5/6: «Ядерный реактор ИРТ-Т: конструкция, функциональные характеристики, применение».

Раздел 7. Низкотемпературная плазма в процессах получения дисперсных материалов для атомной энергетики.

1. Роль дисперсных материалов в атомной энергетике.
2. Плазменное производство оксидов.
3. Плазменное производство карбидного топлива.
4. Получение нитридных материалов.
5. Плазменные процессы производства металлических порошков.
6. Физико-химические свойства материалов, полученных с помощью плазмы.

Тема лекции 4: «Низкотемпературная плазма в процессах получения мелкодисперсных материалов для ядерной энергетики».

Раздел 8. Плазменные защитные покрытия в технологиях обработки материалов атомной энергетики

1. Проблемы износа технологического оборудования в атомной энергетике.
2. Защитные покрытия. Области применения. Методы осаждения.
3. Электроразрядные технологии осаждения защитных покрытий (дуговая металлизация, плазменное напыление, электроимпульсное напыление).
4. Защитные покрытия от коррозии, эрозии и абразивного износа.
5. Плазменное модифицирование поверхности материалов и изделий путём легирования, восстановление изношенных деталей, закалки поверхности.

6. Получение композиционных материалов с помощью плазмы.

Тема практического занятия 7: «Защитные покрытия в атомной энергетике».

Раздел 9. ВЧ электромагнитные поля в процессах получения керамических тугоплавких материалов для атомной энергетики.

1. Сравнение возможностей плазменных и электромагнитных методов получения керамических материалов.
2. Технологические схемы.
3. Использование прямого индукционного нагрева для плавки полупроводников и диэлектриков.

Тема практического занятия 8: «Плазменные и электромагнитные методы получения керамических материалов».

Раздел 10. Нейтронные технологии.
--

1. Свойства нейтронов.
2. Методы получения потоков нейтронов:
 - изотопные нейтронные источники;
 - импульсные ядерные реакторы;
 - нейтронные генераторы;
 - источники на основе ускорителей заряженных частиц;
 - спектрометрические измерения;
 - детекторы потоков нейтронов;
3. Особенности взаимодействия нейтронов с веществом и элементы теории переноса.
4. Производство радиоактивных изотопов.
5. Производство ядерного топлива.
6. Ядерное легирование кремния.
7. Нейтронография.
8. Нейтронно-активационный анализ вещества.
9. Нейтронная дефектоскопия лёгких сред.
10. Нейтронозахватная терапия.
11. Производство фармацевтических препаратов.
12. Высокотемпературные ядерные реакторы для производства водорода.

Тема практического занятия 9: «Свойства нейтронов и нейтронных полей. Ядерное легирование материалов. Нейтронно-активационный анализ».

Тема практического занятия 10: «Циклотрон У-120 (ТПУ) как источник нейтронов. Применение нейтронов в медицине».

Раздел 11. Управляемый термоядерный синтез.
--

- 1 Принципы и основные реакции управляемого термоядерного синтеза.
2. Термоядерный реактор с магнитным удержанием плазмы (на примере проекта ИНТОР).
3. Инерциальный термоядерный синтез.
4. Материаловедение термоядерных реакторов.

Тема практического занятия 11: «Принципы и основные реакции управляемого термоядерного синтеза».

Тема практического занятия 12: «Конструкции и материалы термоядерных реакторов».

Раздел 12. Физика космоса.

1. Основные характеристики космоса. Солнечная система.
2. Свойства вакуума.
3. Электромагнитное излучение Солнца.
4. Заряженные частицы. Радиационные пояса Земли.
5. Космические лучи, галактическое излучение.

Тема практического занятия 13: «Основные характеристики ближнего космоса. Солнечная система».

Тема практического занятия 14: «Радиационные пояса Земли и космическое излучение».

Раздел 13. Ионные и ядерные двигатели для космических аппаратов

1. Принцип действия и конструкция ионного двигателя.
2. Рабочие характеристики.
3. Генерация и транспортировка ионного пучка.
4. Плазменный ракетный двигатель.
5. Электрический ракетный двигатель.
6. Электромагнитный ракетный двигатель.
7. Бортовой ядерный источник энергии.

Тема практического занятия 15: «Ионный двигатель. Бортовой ядерный источник энергии».

Раздел 14. Имитаторы условий космического пространства.

1. Имитация космического пространства.
2. Имитация вакуума и влияние степени разрежения среды на свойства материалов.
3. Имитаторы для испытания оптических материалов.
4. Имитаторы потока заряженных частиц с учётом их спектрального распределения.

Тема практического занятия 16: «Имитация вакуума и влияние степени разрежения среды на свойства материалов».

Раздел 15. Электризация космических аппаратов.

1. Механизмы электризации. Уравнение баланса токов.
2. Экспериментальные исследования электризации.
3. Методы снижения эффектов электризации.

Тема практического занятия 17: «Электризация космических аппаратов».

Раздел 16. Воздействие потоков микрометеоритов.

1. Характеристики микрометеоритов и космической пыли.
2. Взаимодействие микрометеоритов с элементами оболочки космического аппарата.
3. Имитация ударов микрометеоритов в лабораторных условиях.

Тема практического занятия 18: «Воздействие потоков микрометеоритов».

Раздел 17. Дозиметрия. Радиационные испытания материалов и изделий

1. Постановка задачи в дозиметрии.
2. Фотографические методы.
3. Химические методы.

4. Тепловые методы.
5. Определение плотности потока заряженных частиц.
6. Определение плотности потока нейтронов.
7. Определение плотности потока рентгеновских потоков и гамма-квантов.
8. Дозиметрия источников, имитирующих излучение Солнца.
9. Цель и основные требования к радиационным испытаниям.
10. Принципы проведения радиационных испытаний. Критерии подобию.
11. Радиационные испытания материалов с помощью моделирующих установок.
12. Источники электромагнитного излучения и радиационные испытания космической аппаратуры
13. Источники для имитации электромагнитного излучения Солнца.
14. Источники для имитации рентгеновского и гамма-излучения.
15. Источники для имитации электронов.
16. Источники для имитации протонов и тяжёлых заряженных частиц.
17. Методика радиационных испытаний материалов и изделий космических аппаратов.
18. Фактор комплексного радиационного воздействия.

Тема практического занятия 19: «Дозиметрия. Радиационные испытания материалов и изделий».

Раздел 18. Плазменные установки для осаждения модифицирующих покрытий на элементы космических аппаратов.

1. Конструкции плазменных установок, разработанных в Томском политехническом университете, для осаждения оптически активных материалов.
2. Технологические особенности плазменных установок для обработки космических материалов.
3. Экономика плазменных технологий обработки материалов.
4. Внедрение плазменных установок на предприятиях космической промышленности.

Тема практического занятия 20: «Конструирование плазменных установок. Разработка технологий осаждения модифицирующих покрытий. Внедрение плазменных установок на предприятиях космической промышленности».

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;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение домашних заданий;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Купчишин, А.И. Взаимодействие высокоэнергетического излучения с веществом [Электронный ресурс] / Лисицын В.М., Купчишин А.А. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. —

- 154 с. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m066.pdf>. – Схема доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Белый, А.В. Инженерия поверхностей конструкционных материалов с использованием плазменных и пучковых технологий [Электронный ресурс] / А.В. Белый, А.С. Калиниченко, О.Г. Девойно, В.А. Кукареко. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 457 с. URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/106674/#2>. – Схема доступа: для авторизированных пользователей.
 3. Блейхер, Г.А. Теоретические основы обработки материалов импульсными электронными и ионными пучками: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г. А. Блейхер, В. П. Кривобоков; Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2009/m157.pdf>. – Схема доступа: из корпоративной сети ТПУ.
 4. Пушкарёв А.И. Прикладная плазмохимия: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. И. Пушкарёв, Г. Е. Ремнев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 248 с. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m47.pdf> – Схема доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература

1. Блейхер, Г.А. Эрозия поверхности твёрдого тела под действием мощных пучков заряженных частиц/ Г.А. Блейхер, В.П. Кривобоков; Новосибирск: Наука, 2014,- 248 с.
2. Термины радиационных и плазменных технологий [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Кривобоков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m109.pdf>. – Схема 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; 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, стр. 4, 2456.	Компьютер - 1 шт.; проектор - 1 шт.; экран – 1 шт.; доска аудиторная настенная - 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» (прием 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Зав.кафедрой - руководитель НОЦ Б.П. Вейнберга на правах кафедры		В. П. Кривобоков

Программа одобрена на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ (протокол от 28.06.2019 г. № 38).

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)
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	Протокол от 25.06.2020 г. № 42