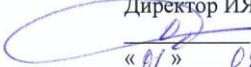


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ИЯТШ ТПУ

 Долматов О.Ю.
 «01» 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ – очная

Физика газового разряда и источники плазмы			
Направление подготовки/ специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерные физика и технологии		
Специализация	Пучковые и плазменные технологии		
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		24
	ВСЕГО		88
	Самостоятельная работа, ч		128
	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		Кривобоков В.П.
		Бычков П.Н.
		Янин С.Н.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-1	Готовность принимать участие в теоретических исследованиях в различных областях физики, связанных с современными высокотехнологически ми способами энергетического воздействия на материалы, основанными на использовании радиационных и плазменных потоков, разрабатывать адекватные физические и математические модели изучаемых процессов.	И.ПК(У)-1.1	Демонстрирует понимание и способность применять фундаментальные понятия, законы и закономерности в области физики газового разряда.	ПК(У)-1.1В1	<i>Владеет</i> методиками выбора и оптимизации параметров технологических процессов
				ПК(У)-1.1У1	<i>Умеет</i> объяснять и применять на практике физические принципы, положенные в основу радиационных и плазменных технологий
				ПК(У)-1.1З1	<i>Знает</i> фундаментальные понятия, законы и закономерности теории газового разряда, а также физические принципы, положенные в основу реализации различных радиационных и плазменных технологий
ПК(У)-2	Способность участвовать в экспериментальных исследованиях в различных областях физики, связанных с воздействием плазмы и пучков заряженных частиц на вещество, самостоятельно осваивать современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру, применять современные методы исследования свойств материалов и различных структур, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов, оборудования и изделий.	И.ПК(У)-2.1	Демонстрирует понимание и способность применять фундаментальные понятия, законы и закономерности в области физики газового разряда.	ПК(У)-2.1В1	<i>Владеть</i> навыками работы с ионно-плазменными установками, измерительными приборами, лабораторным исследовательским оборудованием
				ПК(У)-2.1У1	<i>Умеет</i> объяснять и применять на практике физические принципы, положенные в основу радиационных и плазменных технологий
				ПК(У)-2.1З1	<i>Знает</i> функциональные и структурные схемы элементов и узлов электрофизических установок, реализующих современные пучковые и плазменные технологии
ПК(У)-4	Способность проектировать плазменно-пучковые технологические	И.ПК(У)-4.1	Демонстрирует готовность участвовать в проектной деятельности, направленной на		

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	процессы и оборудование для применения в научных исследованиях и промышленности		разработку плазменно-пучковых технологических процессов и оборудования для применения в различных областях науки и промышленности		
				ПК(У)-4.131	<i>Знает</i> устройство и принципы работы вакуумных систем и ионно-плазменных устройств
ПК(У)-5	Готовность к участию в производственно-технологической деятельности, связанной с применением плазменных и пучковых технологий для обработки материалов и синтеза новых материалов (в том числе нанесению функциональных покрытий), определению основных параметров технологических процессов, анализу физических и механических свойств изделий и материалов.	И.ПК(У)-5.1	Демонстрирует способность принимать участие в производственно-технологической деятельности, направленной на создание модифицирующих покрытий и технологий их осаждения вакуумными плазменно-пучковыми методами	ПК(У)-5.1В1	<i>Владеет</i> навыками выполнения поставленных технологических задач, связанных с созданием функциональных покрытий вакуумными методами, с наименьшими затратами, не нанося ущерба окружающей среде
				ПК(У)-5.1У1	Умеет самостоятельно контролировать работу ионно-плазменного оборудования
				ПК(У)-5.132	<i>Знает</i> функциональные и структурные схемы элементов и узлов электрофизических установок, реализующих современные пучковые и плазменные технологии

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой 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		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Принимать участие в теоретических исследованиях в различных областях физики, связанных с современными высокотехнологическими способами энергетического воздействия на материалы, основанными на использовании радиационных и плазменных потоков, разрабатывать адекватные физические и математические модели изучаемых процессов.	ПК(У)-1
РД 2	Участвовать в экспериментальных исследованиях в различных областях физики, связанных с воздействием плазмы и пучков заряженных частиц на вещество, самостоятельно осваивать современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру, применять современные методы исследования свойств материалов и различных структур, проводить стандартные и	И.ПК(У)-2

	сертификационные испытания технологических процессов, оборудования и изделий.	
РД3	Проектировать плазменно-пучковые технологические процессы и оборудование для применения в научных исследованиях и промышленности	И.ПК(У)-4.1
РД4	Участвовать в производственно-технологической деятельности, связанной с применением плазменных и пучковых технологий для обработки материалов и синтеза новых материалов (в том числе нанесению функциональных покрытий), определению основных параметров технологических процессов, анализу физических и механических свойств изделий и материалов	И.ПК(У)-5.1

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 ¹	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Основные понятия о газоразрядной плазме	РД 1 РД 2	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	32
Раздел (модуль) 2. Атомно-молекулярные процессы в газоразрядной плазме	РД 1 РД 2	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	32
Раздел (модуль) 3. Основные типы разрядов в газе	РД 1 РД 2	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	32
Раздел (модуль) 4. Ионно-плазменные источники	РД 3 РД 4	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	32

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные понятия о газоразрядной плазме

Рассматриваются основные понятия физики газового разряда, такие как плазма, идеальность, вырождение, квазинейтральность, радиус экранирования, степень ионизации, вводится понятие Дебаевской экранировки. Вычисляется энергия кулоновского взаимодействия частиц, степень ионизации при термодинамическом равновесии. даётся простейший вывод формулы Саха. Изучается релаксация энергии и импульса заряженных частиц, динамика установления равновесной функции распределения. Рассматривается процесс выравнивания электронной и ионной температур, проводимости, убегания электронов.

Темы лекций:

1. Общие сведения о газоразрядной плазме. Идеальность. Вырождение. Квазинейтральность.
2. Дебаевская экранировка. Энергия кулоновского взаимодействия частиц.
3. Степень ионизации при термодинамическом равновесии. Формула Саха.
4. Релаксация энергии и импульса. Динамика установления равновесной функции распределения. Выравнивание электронной и ионной температур. Проводимость, убегание электронов.

Темы практических занятий:

1. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Ларморовский радиус. Решение задач.
2. Дебаевское экранирование. Радиус Дебая. Радиус Дебая-Хюккеля. Решение задач.
3. Ленгмюровские колебания. Ленгмюровская частота. Решение задач.
4. Столкновения заряженных частиц. Удельная проводимость. Решение задач.

Названия лабораторных работ:

1. Определение условий возникновения газового разряда.
2. Вольт-Амперные характеристики.
3. Зондовые методы изучения характеристик газового разряда.

Раздел 2. Атомно-молекулярные процессы в газоразрядной плазме

Рассматриваются основные физические процессы, протекающие в газовом разряде, такие как, ионизация электронами, тройная рекомбинация, фотоионизация, фоторекомбинация, перезарядка. Вводится понятие подвижности заряженных частиц. Изучаются процессы диффузии, электродные эффекты. Рассматриваются начальные стадии электрического разряда (Таунсендовский (тёмный) разряд)). Даются понятия о критерии Таунсенда, законе Пашена, самостоятельном разряде.

Темы лекций:

1. Элементарные процессы в газоразрядной плазме: ионизация электронами, тройная рекомбинация, фотоионизация, фоторекомбинация, перезарядка.
2. Подвижность заряженных частиц. Диффузия.
3. Электродные эффекты. Электрический разряд. Таунсендовский (темный) разряд.
4. Критерий Таунсенда. Закон Пашена. Самостоятельный разряд.

Темы практических занятий:

1. Сечения процессов ионизации. Решение задач.
2. Длина свободного пробега заряженных частиц относительно различных процессов. Решение задач.
3. Авто- и термоэлектродная эмиссия электронов. Решение задач.
4. Решение задач на закон Пашена и критерий Таунсенда.

Названия лабораторных работ:

4. Плавающий зондовый потенциал в магнетронном разряде.
5. Зависимость светимости разряда от его мощности.
6. Динамика разогрева неохлаждаемого катода.

Раздел 3. Основные типы разрядов в газе

Рассматриваются основные физические механизмы газовых разрядов - стримерный и таунсендовский, на примере искрового и тлеющего разрядов. Изучаются разряды в скрещенных электрическом и магнитном полях, а также высокочастотные и барьерные

разряды.

Темы лекций:

5. Стриммерный механизм разряда. Искровой разряд в газе.
6. Тлеющий разряд. Разряды в скрещенных электрическом и магнитном полях.
7. Высокочастотные разряды. Дуговые разряды.
8. Барьерный разряд.

Темы практических занятий:

1. Энергия электронов и ионов в различных электрических разрядах.
2. Движение заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях. Решение задач.
3. Длина свободного пробега заряженных частиц в разрядах различного типа. Решение задач.
4. Движение частиц в высокочастотных разрядах. Решение задач.

Названия лабораторных работ:

7. Зондовый метод измерения характеристик плазмы газового разряда.
8. Наблюдение гистерезиса при измерении вольтамперных характеристик.
9. Напряжения зажигания и гашения как функция давления газа в вакуумной камере.

Раздел 4. Ионно-плазменные источники

Рассматриваются различные типы ионно-плазменных источников, используемых в науке, технике и медицине с точки зрения их конструктивных особенностей, протекающих в них физических процессов и технологического назначения.

Темы лекций:

9. Ионно-плазменные источники для нанесения тонкоплёночных покрытий.
10. Ионно-плазменные источники для очистки поверхности обрабатываемых изделий.
11. Ионные имплантеры.
12. Особенности совместного использования различных источников плазмы.

Темы практических занятий:

1. Представление презентаций на тему планарных, дуальных и высокочастотных магнетронных распылительных систем.
2. Представление презентаций на тему ионных источников для подготовки поверхности. Источники с холловским дрейфом электронов, с горячим катодом, и т.д.
3. Представление презентаций на тему электродуговых источников плазмы. Природа возникновения капельной фракции, методы её устранения, и т.д.
4. Представление презентаций на тему применения источников плазмы на основе барьерного разряда.

Названия лабораторных работ:

10. Вольтамперные характеристики планарного магнетрона.
11. Вольтамперные характеристики дуального магнетрона.
12. Травление металлической плёнки ионным источником с холловским дрейфом электронов.

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;
- Подготовка к лабораторным работам и семинарским занятиям;
- Подготовка к презентации по теме.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Кудрявцев, А. А. Физика тлеющего разряда: учебное пособие / А. А. Кудрявцев, А. С. Смирнов, Л. Д. Цендин. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1037-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/552> (дата обращения: 31.08.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Рожанский, В. А. Теория плазмы [Электронный ресурс] / Рожанский В. А. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 320 с. — Рекомендовано УМО по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки магистров «Техническая физика». — Книга из коллекции Лань - Физика. — ISBN 978-5-8114-1233-4. URL: <https://e.lanbook.com/book/2769> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Голант, В. Е. Основы физики плазмы [Электронный ресурс] / Голант В. Е., Жилинский А. П., Сахаров И. Е.. — 2-е изд., испр. и доп.. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 448 с. — Книга из коллекции Лань - Физика. — ISBN 978-5-8114-1198-6. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/1550> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Зимин, А. М. Управление в плазменных установках : учебное пособие / А. М. Зимин. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 85 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/52489> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Кривобоков, В. П. Плазменные покрытия (методы и оборудование) : учебное пособие / В. П. Кривобоков, Н. С. Сочугов, А. А. Соловьев. — Томск: ТПУ, 2011. — 104 с. — ISBN 5-98298-191-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10269> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Очкин, В. Н. Спектроскопия низкотемпературной плазмы: учебное пособие / В. Н. Очкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 592 с. — ISBN 978-5-9221-1172-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2273> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Яфаров, Р. К. Физика СВЧ вакуумно-плазменных нанотехнологий: учебное пособие / Р. К. Яфаров. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 216 с. — ISBN 978-5-9221-1150-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59533> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Tichý, M. Plasma diagnostic by probes: учебное пособие / M. Tichý, V. F. Myshkin. — 2-е изд. — Томск: ТПУ, 2016. — 126 с. — ISBN 978-5-4387-0663-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106182> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMSMOODLE 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. справочно-правовая система КонсультантПлюс – <http://www.consultant.ru/>
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/>
7. Электронная библиотека Grebennikon - <http://www.lib.tsu.ru/ru/news/elektronnaya-biblioteka-grebennikon-0>

Свободно распространяемое 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. Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic.

7. Особые 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, пр-т Ленина, 2, стр. 4 326	Компьютер - 1 шт.; проектор - 1 шт.; экран 1 шт.; доска аудиторная настенная - 1 шт.; комплект учебной мебели на 46 посадочных мест.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, пр-т Ленина, 2, стр. 4 144	Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; компьютеры - 4 шт.; комплект вакуумного оборудования КВО – 1 шт.; лабораторная установка по напылению нитридных и окисных пленок – 1 шт.; ИК-термометр КМ - 1 шт.; кварцевый измеритель толщины напылений Микрон-5В - 1 шт.; ИК-термометр Термикс - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализация «Пучковые и плазменные технологии» (прием 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Профессор НОЦ Б.П. Вейнберга		Янин Сергей Николаевич

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. Обновлены цели освоения дисциплины 2. Обновлены планируемые результаты обучения по дисциплине 3. Обновлен список литературы	№ 44 от 31.08.2020 г.
2021/22 учебный год	1. Обновлено содержание разделов дисциплины 2. Обновлен список литературы 3. Обновлен перечень профессиональных баз 4. Обновлены материалы в ФОС дисциплины 5. Обновлено материально-техническое обеспечение	№ 52 от 30.08.2021 г.
2022/23 учебный год	1. Обновлено содержание разделов дисциплины 2. Обновлено ПО в рабочей программе дисциплины 3. Обновлен список литературы 4. Обновлена аннотация рабочей программы дисциплины 5. Обновлены материалы в ФОС дисциплины 6. Обновлено материально-техническое обеспечение	№65 от 30.06.2022 г.