

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.

« 22 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ - очная

Математическое моделирование в технической физике

Направление подготовки/специальность	16.04.04 Техническая физика	
Образовательная программа (направленность (профиль))	Пучковые и плазменные технологии	
Специализация	Пучковые и плазменные технологии	
Уровень образования	высшее образование - магистратура	
Курс	1	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3	
Виды учебной деятельности	Временной ресурс	
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8
	Практические занятия	16
	Лабораторные занятия	24
	ВСЕГО	48
Самостоятельная работа, ч		60
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовая работа)		курсовая работа
ИТОГО, ч		108

Вид промежуточной аттестации

экзамен, диф. зачёт

Обеспечивающее подразделение

НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ

Руководитель НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ
Руководитель ООП
Преподаватель

В. Кривобоков

Кривобоков В.П.

Сиделёв

Сиделёв Д.В.

Блейхер

Блейхер Г.А.

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
ОПК(У)-2	Способность демонстрировать и использовать углублённые теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе из области технической физики	ОПК(У)-2.B1	Владеет навыками применения на практике знаний о фундаментальных понятиях, механизмах процессов и их закономерностях, имеющих большое значение для решения прикладных задач в области современной технической физики.
		ОПК(У)-2.Y1	Умеет применять на практике знания о фундаментальных понятиях, механизмах процессов и их закономерностях, имеющих большое значение для решения прикладных задач в области современной технической физики.
		ОПК(У)-2.B2	Обладает практическими навыками физико-математического и компьютерного моделирования в области технической физики.
		ОПК(У)-2.Y2	Умеет самостоятельно выбирать адекватную модель изучаемой системы, составлять алгоритмы и выполнять расчеты, используя стандартные и специально разработанные программные средства.
		ОПК(У)-2.32	Обладает знаниями о методах проведения аналитических и имитационных исследований с применением современных достижений науки и техники.
ОПК(У)-5	Способность осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к профессиональному росту, к активному участию в научной деятельности, конференциях, выставках и презентациях	ОПК(У)-5.B1	Владеет навыками обработки, интерпретации и представления результатов научного исследования, публичной речи, аргументации, ведения дискуссии
		ОПК(У)-5.31	Обладает знаниями о современном состоянии теоретических и экспериментальных работ в области технической физики
ПК(У)-2	Способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств	ПК(У)-2.B1	Владеет практическими навыками физико-математического и компьютерного моделирования в области технической физики, плазменных и пучковых технологий
		ПК(У)-2.Y1	Умеет самостоятельно разрабатывать адекватную модель изучаемого процесса, выполнять расчёты, используя стандартные или специально разработанные программные средства
		ПК(У)-2.31	Обладает знаниями о методах проведения аналитических и имитационных исследований в области пучковых и плазменных технологий, а также о принципах оптимизации параметров объектов и процессов
ПК(У)-10	Готовность решать прикладные инженерно-технические и технико-экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ	ПК(У)-10.Y1	Умеет самостоятельно разрабатывать адекватную модель технологического процесса, выполнять расчёты, в том числе используя стандартные или специально разработанные программные средства
		ПК(У)-10.31	Знает о современных методах физико-математического и компьютерного моделирования в области пучковых и

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
			плазменных технологий

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:

Код	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Компетенция
	Наименование	
РД-1	Готовность к постановке задач, касающихся прогнозирования результатов воздействия на вещество пучков заряженных частиц, потоков плазмы и электромагнитного излучения, и их самостоятельному решению.	ОПК(У)-2
РД-2	Готовность обрабатывать, интерпретировать и представлять результаты научного исследования, осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач в области воздействия на вещество пучков заряженных частиц, потоков плазмы и электромагнитного излучения	ОПК(У)-5
РД-3	Готовность к построению математических моделей процессов, происходящих в веществе под действием плазмы и пучков заряженных частиц, к разработке вычислительных алгоритмов и методик расчётов оптимальных параметров воздействия.	ПК(У)-2
РД-4	Готовность выполнять расчёты характеристик воздействия на вещество пучков заряженных частиц, потоков плазмы и электромагнитного излучения с помощью пакетов прикладных программ	ПК(У)-10

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 (модуль) 1. Тепловые и термомеханические процессы в твёрдом теле, стимулированные воздействием высокоинтенсивных пучков заряженных частиц и потоков плазмы	РД-1	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	10
Раздел (модуль) 2. Механизмы модифицирования поверхностных свойств твёрдого тела при обработке пучками заряженных частиц и потоками плазмы, технологии, использующие эти механизмы	РД-2	Лекции	-
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	16
Раздел 3. Методы численного	РД-3	Лекции	-

дифференцирования и интегрирования, решения систем уравнений и аппроксимации функций		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	6
Раздел 4. Численные методы решения уравнений в частных производных	РД-3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	10
Раздел 5. Численное моделирование процессов в плазме	РД-3	Лекции	-
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	8
Раздел 6. Метод Монте-Карло и его использование для моделирования взаимодействия излучения с твёрдым телом	РД-3	Лекции	-
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	6
Раздел 7. Метод молекулярной динамики для моделирования процессов взаимодействия атомарных частиц с твёрдым телом	РД-3	Лекции	-
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	4
Курсовая работа	РД-4		

Структура и содержание дисциплины (модуля)

Раздел 1. *Тепловые и термомеханические процессы в твёрдом теле, стимулированные воздействием высокоинтенсивных пучков заряженных частиц и потоков плазмы*

- Понятие диссипации энергии пучков заряженных частиц и потоков плазмы в веществе. Каналы диссипации энергии излучения в веществе. О механизме нагрева вещества. Классификация потоков заряженных частиц для математического описания стимулированных ими тепловых процессов. Функция энерговыделения.
- Тепловые процессы в веществе при облучении потоками заряженных частиц и плазмы. Математическая постановка задачи о тепловых процессах в веществе под действием плазмы и пучков.
- Термомеханические напряжения. Упругие, упругопластические и ударные волны. Математическая постановка задачи об эволюции термомеханических процессов в веществе под действием мощных потоков излучения.

Лабораторная работа 1. Разработка математической модели тепловых и эрозионных процессов в твёрдом теле под действием МИП ЗЧ или потоков низкотемпературной плазмы. Расчёт эволюции тепловых процессов и результатов фазовых превращений (6 часов).

Раздел 2. *Механизмы модифицирования поверхностных свойств твёрдого тела при обработке пучками заряженных частиц и потоками плазмы, технологии, использующие эти механизмы*

Семинарские занятия, на которых студенты выступают с докладами (анализ статей с аналитическим обзором и описанием физических принципов, лежащих в основе различных пучковых и плазменных технологий обработки материалов и получения новых материалов).

Раздел 3. Методы численного дифференцирования и интегрирования, решения систем уравнений и аппроксимации функций

Обзор методов численного дифференцирования и интегрирования. Выполнение лабораторной работы № 2 (2 часа) по применению методов численного интегрирования и дифференцирования для нахождения интегралов и производных таблично заданных функций. Самостоятельная проработка численных методов решения систем уравнений и аппроксимации функций. Подготовка сообщения об алгоритме решения задач с использованием численных методов решения систем уравнений и аппроксимации функций, выступление с ними на практических занятиях.

Раздел 4. Численные методы решения уравнений в частных производных

- Классификация уравнений в частных производных и общие сведения о численных методах их решения. Основные принципы конечно-разностных методов.
- Решение параболических уравнений. Моделирование тепловых процессов в твердом теле при воздействии потоков плазмы и пучков заряженных частиц на основе уравнения теплопроводности.
- Решение уравнений гиперболического типа. Задача о распространении волн термоупругих напряжений в твердом теле при облучении пучками заряженных частиц и потоками плазмы.
- Численные методы решения эллиптических уравнений. Уравнение Пуассона для задач о распределении электрического потенциала.

Лабораторная работа № 3. Разработка конечно-разностной схемы для численного решения задачи об эволюции тепловых и термомеханических процессов в твёрдом теле под действием МИП ЗЧ или потоков низкотемпературной плазмы (6 часов).

Раздел 5. Численное моделирование процессов в плазме

- Классификация плазменных моделей. Кинетические модели плазмы. Кинетическая модель для бесстолкновительной плазмы.
- Метод частиц.
- Подходы к решению уравнений магнитной гидродинамики. Гибридные модели.

Лабораторная работа 4. Разработка алгоритма для реализации кинетической модели плазмы (4 часа).

Раздел 6. Метод Монте-Карло и его использование для моделирования взаимодействия излучения с твёрдым телом

- Сущность метода Монте-Карло.
- Обзор некоторых понятий из теории вероятности. Примеры распределений.
- Центральная предельная теорема теории вероятностей
- Общая схема метода Монте-Карло
- Разыгрывание случайных величин, имеющих разные плотности распределения (равномерное, нормальное и др.).
- Вычисление определённых интегралов методом Монте-Карло.
- Решение задачи о прохождении потока нейтронов через пластину.

Лабораторная работа 5. Разработка численного алгоритма с использованием метода Монте-Карло (6 часов).

Раздел 7. Метод молекулярной динамики для моделирования процессов взаимодействия атомарных частиц с твёрдым телом
--

- Принципы и процедуры метода молекулярной динамики.
- Моделирование процессов диффузии.
- Обсуждение решения задачи о влиянии изменения плотности твердого тела на диффузионную подвижность атомов.

Тематика курсовых работ: "Численное моделирование радиационно-стимулированных процессов при воздействии на вещество пучков заряженных частиц и потоков плазмы".

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;
- работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение домашних заданий, домашних проверочных работ;
- подготовка к практическими и лабораторным занятиям;
- выполнение курсовой работы;
- 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. 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. – 227 с. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2009/m157.pdf>. Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Яковенко, П. Г. Моделирование систем: учебное пособие [Электронный ресурс] / П.Г. Андреев. – Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 108 с. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m214.pdf>. Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
3. Кузенов, В.В. Численное моделирование разреженной плазмы [Электронный ресурс] / В.В. Кузенов, С.В. Рыжков. – Электрон. дан. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана,

2016. – 112 с. URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/103637/#3>. Режим доступа: для авторизир. пользователей.

Дополнительная литература

1. Таксанц, М.В. Численное моделирование тепловых полей при лазерной обработке [Электронный ресурс] / М.В. Таксанц, Л.Н. Майоров, А.Х. Харахашев. – Электрон. дан. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2007. – 121 с. URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/58476/#21>. Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Блейхер, Г. А. Моделирование эрозии поверхности твердого тела под действием мощных импульсных пучков заряженных частиц: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г. А. Блейхер, В. П. Кривобоков. – Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 191 с. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m072.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. Электронный курс «Математическое моделирование в технической физике»; ссылка <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2021>
2. <http://www.lib.tpu.ru/> - Научно-техническая библиотека ТПУ
3. <http://www.sciencedirect.com/>
4. <http://www.springerlink.com/>
5. 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 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	Компьютер - 1 шт.; проектор - 1 шт.; экран – 1 шт.; доска аудиторная настенная - 1 шт.; комплект учебной мебели на 18 посадочных мест.

634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, стр. 4 222	
---	--

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
Профессор		Блейхер Г.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)