

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

О.Ю. Долматов

«28» 08 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ - очная

Радиационная физика твёрдого тела		
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	1	семестр 1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6	
Виды учебной деятельности	Временной ресурс	
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8
	Практические занятия	56
	Лабораторные занятия	-
	ВСЕГО	64
Самостоятельная работа, ч		152
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		Курсовая работа
ИТОГО, ч		216

Вид промежуточной
аттестации

Экзамен,
дифференцированный
зачёт

Обеспечивающее
подразделение

НОЦ Б.П.
Вейнберга

Заведующий кафедрой –
руководитель
научно-образовательного
центра на правах
кафедры

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)-2.31	Обладает знаниями 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.Y1	Умеет осуществлять поиск, систематизировать и анализировать необходимые данные в научно-технической литературе, разрабатывать новые перспективные подходы и методы к решению профессиональных задач
		ОПК(У)-5.31	Обладает знаниями о современном состоянии теоретических и экспериментальных работ в области технической физики

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	Способность проявлять глубокие профессиональные знания в области воздействия плазмы, пучков заряженных частиц и электромагнитного излучения на вещество.	ОПК(У)-2
РД2	Готовность к постановке задач, касающихся прогнозирования результатов воздействия на вещество пучков заряженных частиц, потоков плазмы и электромагнитного излучения, и к их самостоятельному решению.	ОПК(У)-5
РД3	Способность выполнять расчёты основополагающих характеристик прохождения потоков заряженных частиц и электромагнитного излучения через вещество, решать задачи, связанные с диссипацией их энергии в облучаемом веществе.	ОПК(У)-2

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. Классификация способов обработки материалов потоками заряженных частиц. Процессы, происходящие в твердом теле под действием ускоренных электронов и ионов	РД-1	Лекции	-
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	4
Раздел 2. Основы теории переноса излучения в веществе	РД-1 РД-3	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел 3. Взаимодействие ускоренных электронов с веществом	РД-1 РД-2 РД3	Лекции	4
		Практические занятия	12
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Взаимодействие ускоренных ионов с веществом	РД-1 РД-2 РД3	Лекции	2
		Практические занятия	14
		Самостоятельная работа	20
Раздел 5. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	РД-1 РД-2	Лекции	-
		Практические занятия	16
		Самостоятельная работа	20
Раздел 6. Взаимодействие нейтронов с веществом	РД-1	Лекции	-
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	2
Раздел 7. Заряжение диэлектриков при облучении пучками заряженных частиц и потоками электромагнитного излучения	РД-1	Лекции	-
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	10
Курсовая работа	РД 3	Самостоятельная работа	66

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Классификация способов обработки материалов потоками заряженных частиц. Процессы, происходящие в твердом теле под действием ускоренных электронов и ионов.

Классификация способов обработки материалов потоками заряженных частиц. Общие черты и особенности воздействия на вещество различных видов потоков заряженных частиц. Структура, цели и задачи настоящего курса.

Обзор процессов, происходящих в твердом теле при его бомбардировке ускоренными электронами и ионами.

Тема практического занятия 1:

Классификация способов обработки материалов потоками заряженных частиц. Процессы, происходящие в твердом теле под действием ускоренных электронов и ионов.

Раздел 2. Основы теории переноса излучения в веществе.

- 2.1. Сечения взаимодействия частиц. Прицельный параметр.
- 2.2. Угловые распределения рассеянных частиц.
- 2.3. Сечения рассеяния и поглощения энергии.
- 2.4. Тормозная способность вещества.
- 2.5. Закон ослабления нерассеянного излучения.
- 2.6. Полный пробег ускоренной частицы в веществе.
- 2.7. Основные понятия и определения в теории переноса излучения в веществе (фазовое пространство, дифференциальная плотность потока частиц, интеграл столкновений, энергетический спектр излучения, интенсивность излучения и др.).
- 2.8. Кинетическое уравнение, его физический смысл и структура.
- 2.9. Физические приближения, используемые для упрощения кинетического уравнения.

Тема практического занятия 2:

Разные виды сечений. Закон ослабления пучка.

Тема лекции 1:

Тормозные способности вещества. Пробеги. Основные понятия теории переноса излучения в веществе.

Тема практического занятия 3:

Фазовое пространство. Кинетическое уравнение. Проверочная работа 1.

Раздел 3. Взаимодействие ускоренных электронов с веществом.

- 3.1. Угловое рассеяние электронов (формула Резерфорда; первое приближение Борна; однократное рассеяние; многократное рассеяние; угловое распределение электронов, прошедших некоторый слой поглотителя (распределение Гоудсмита-Саундерсона, распределение Мольер).
- 3.2. Ионизация.
- 3.2. Торможение ускоренных электронов в веществе в результате неупругих электрон-электронных взаимодействий. Сечения неупругих столкновений ускоренных электронов. Потери энергии на ионизацию и возбуждение. Уравнение Бете. Формула Бете-Блоха. Траекторный пробег электрона.
- 3.3. Отражение электронов. Коэффициенты пропускания и поглощения, глубина проникновения электронов, разные виды пробегов.

- 3.4. Нахождение пространственного распределения удельных потерь энергии и пробегов (различные способы расчета), расчет потерь энергии в многокомпонентных веществах, формула Брэгга.
- 3.5. Тормозное излучение при прохождении ускоренных заряженных частиц в веществе (природа тормозного излучения; дифференциальные сечения тормозного излучения при прохождении электронов через вещество; основные особенности тормозного излучения при прохождении заряженных частиц через вещество).
- 3.6. Потери энергии на тормозное излучение и ионизацию при прохождении ускоренных электронов через вещество; радиационная длина; угловое распределение тормозного излучения.
- 3.7. Другие виды излучений, генерируемых при прохождении высокоэнергетических и электронов в веществе.

Тема практического занятия 4:

Упругое рассеяние заряженных частиц. Формула Резерфорда.

Тема практического занятия 5:

Упругое рассеяние заряженных частиц с учётом экранирования. Угловое рассеяние электронов.

Тема лекции 2:

Ионизация. Сечения ионизации. Формула Томсона.

Тема практического занятия 6:

Ионизационная тормозная способность. Формула Бора. Формула Бёте-Блоха.

Тема практического занятия 7:

Тормозное излучение, его природа, основные свойства, сечения.

Тема практического занятия 8:

Тормозное излучение: радиационная тормозная способность. Полные потери энергии электронов при их взаимодействии с веществом. Отражение частиц и энергии.

Тема лекции 3:

Пробеги ускоренных электронов в веществе. Пространственное распределение линейных потерь энергии.

Тема практического занятия 9:

Контрольная работа по теме «Взаимодействие ускоренных электронов с веществом».

Раздел 4. Взаимодействие ускоренных ионов с веществом.

- 4.1. Торможение ускоренных ионов при упругих столкновениях (потенциалы взаимодействия; потенциалы и сечения, используемые в аналитических расчетах; ядерная тормозная способность; особенности ядерного торможения).
- 4.2. Торможение ускоренных ионов в неупругих взаимодействиях (электронная тормозная способность; электронное торможение в широком диапазоне энергий ионов, особенности электронного торможения).
- 4.3. Об обобщенной теории Линдхарда торможения атомных частиц. Соотношение ядерных и электронных потерь в широком диапазоне начальных энергий ускоренных ионов.

- 4.4. Пространственное распределение линейных потерь энергии на основе модели Линдхарда-Шарффа-Шиотта. Потери энергии на ядерное и электронное торможение. Полные потери энергии. Расчет проективного пробега и страгглинга бомбардирующих ионов. Построение профиля внедренных ионов.
- 4.5. Каналирование и другие ориентационные эффекты при бомбардировке кристаллических твердых тел ускоренными ионами (виды ориентированного движения частиц в кристаллах; как происходит каналирование; условия каналирования; основные особенности взаимодействия каналируемых ионов с атомами монокристаллов; распределение по глубине внедренных ионов при каналировании; деканалирование).

Тема практического занятия 10:

Взаимодействие ионов с веществом. Потенциалы парного взаимодействия. Ядерная тормозная способность.

Тема практического занятия 11:

Электронная тормозная способность.

Тема лекции 4:

Пробеги. Построение пространственного профиля имплантированной примеси.

Тема практического занятия 12:

Пространственное распределение линейных потерь энергии при торможении ускоренных ионов в веществе

Тема практического занятия 13:

Пространственное распределение линейных потерь энергии при торможении ускоренных ионов в веществе: расчёт с использованием компьютерных программ.

Тема практического занятия 14:

Механизмы каналирования. Его влияние на взаимодействие быстрых ионов с веществом.

Тема практического занятия 15:

Деканалирование. Другие виды ориентированного движения атомарных частиц в твёрдом теле.

Тема практического занятия 16:

Контрольная работа по теме «Взаимодействие ускоренных ионов с веществом».

Раздел 5. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
--

- 5.1. Рассеяние электромагнитного излучения в широком диапазоне частот на свободных и связанных электронах; рассеяние электромагнитного излучения на системе зарядов; комптоновское рассеяние.
- 5.2. Прохождение рентгеновских фотонов и гамма-квантов через вещество (сечения взаимодействия, коэффициенты поглощения; ослабление излучения; расчет потерь энергии рентгеновских фотонов и гамма-квантов в веществе).
- 5.3. Взаимодействие лазерного излучения с веществом.

Тема практического занятия 17:

Рассеяние э/м излучения на свободных и связанных электронах.

Тема практического занятия 18:

Рассеяние э/м излучения на атомах. Комптоновское рассеяние. Фотоэффект.

Тема практического занятия 19:

Прохождение рентгеновских фотонов и гамма-квантов через вещество.

Тема практического занятия 20:

Коллоквиум по теме «Взаимодействие рентгеновского и гамма-излучений с веществом».

Тема практического занятия 21:

Взаимодействие лазерного излучения с веществом (часть 1: взаимодействие с металлами).

Тема практического занятия 22:

Взаимодействие лазерного излучения с веществом (часть 2 - фундаментальное поглощение).

Тема практического занятия 23:

Взаимодействие лазерного излучения с веществом (часть 3). Консультация по курсовому проекту.

Тема практического занятия 24:

Контрольная работа по теме «Взаимодействие э/м излучения с веществом».

Раздел 6. Взаимодействие нейтронов с веществом.
--

Виды взаимодействия нейтронов с веществом; энергетические группы нейтронов; нейтронные сечения; группа медленных нейтронов; резонансные нейтроны; основные виды взаимодействия быстрых и сверхбыстрых нейтронов с веществом.

Тема практического занятия 25:

Взаимодействие нейтронов с веществом.

Раздел 7. Заряжение диэлектриков при облучении пучками заряженных частиц и потоками электромагнитного излучения.

Тема практического занятия 26:

Заряжение диэлектриков при облучении пучками заряженных частиц.

Тема практического занятия 27:

Заряжение диэлектриков при облучении гамма-квантами. Проверочная работа.

Тема практического занятия 28:

Защита курсовой работы.

Тематика курсовых работ:

«Расчёт параметров взаимодействия ускоренных заряженных частиц с веществом»

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 контрольных работ;
- подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Беспалов, В. И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.И. Беспалов, Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m102.pdf>. Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. 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>. Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная 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. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2009/m157.pdf>. Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Термины радиационных и плазменных технологий [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Кривобоков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m109.pdf>. Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
3. Вейко, В.П. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика [Электронный ресурс] / В.П. Вейко, М.Н. Либенсон, Г.Г. Червяков, Е.Б. Яковлев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 312 с. URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/59505>. Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Электронный курс «Радиационная физика твёрдого тела»; Режим доступа: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3246>
2. Материалы, размещенные на персональных сайтах преподавателей <http://web.tpu.ru/webcenter/portal/site>
3. The Plasma Data Exchange Project (проект для обмена данными по плазме, находящийся в свободном доступе) - <https://nl.lxcat.net>
4. TRIM (the Transport of Ions in Matter) by J. Ziegler, J.P. Biersack, M.D. Ziegler - www.srim.org
5. Сборник программного обеспечения для студентов НИ ТПУ, режим доступа <https://vap.tpu.ru>

Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>
2. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»
<http://www.studentlibrary.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» -
<https://new.znanium.com/>
5. 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
3. Google Chrome

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, Ленина проспект, 2, стр. 4 222	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 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Профессор	Г.А. Блейхер

Программа одобрена на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга (протокол от «25» июня 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)