

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

« 29 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 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

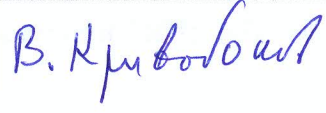
Экзамен, дифференцированный зачёт

Обеспечивающее подразделение

НОЦ Б.П. Вейнберга

Заведующий кафедрой –
руководитель
научно-образовательного
центра на правах
кафедры

Руководитель ООП
Преподаватель

	Кривобоков В.П.
	Сиделёв Д.В.
	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 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Профессор	Г.А. Блейхер

Программа одобрена на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга (протокол от «28» июня 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