

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Физические основы плазменно-пучковых технологий

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Профессиональный модуль:
«Физика плазмы»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2023

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1 – Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости;

ИПК-1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

2. Задачи освоения дисциплины

– Изучить физические основы плазменно-пучковых технологий и примеры их реализации.

– Научиться применять полученные знания по процессам электронно-ионно-плазменной обработки материалов в практической профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 1, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для изучения и понимания данной дисциплины обучающийся должен владеть знаниями по следующим дисциплинам: Математический анализ; Методы математической физики; Основы общей физики; Физика газовых и вакуумных разрядов; Основы физики плазмы.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часа, из которых:

– лекции: 16 ч.;

– практические занятия: 16 ч.;

– в том числе практическая подготовка (лабораторные работы): 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

№ Темы	Раздел дисциплины	Краткое содержание темы
1.	Ведение в курс	Особенности и основные преимущества обработки вещества плазмой и потоками ускоренных частиц. Основные области применения пучковых и плазменных технологий. Современный уровень развития техники и технологии электронно-ионно-плазменной обработки и перспективы расширения сфер применения новых технологий в промышленности.
2.	Основные физические процессы, происходящие при бомбардировке вещества электронами и возможности их использования в технологии.	Ионизация и возбуждение газов и паров. Торможение, рассеяние, поглощение электронов в твёрдом теле. Различные виды излучений из твёрдых тел при электронном облучении. Эмиссия заряженных частиц. Десорбция. Фазовые превращения. Рациональные дефекты. Химические изменения. Использование процессов взаимодействия электронов с веществом в технологии.
3.	Основные физические процессы, происходящие при бомбардировке вещества ионами и возможности их использования в технологии.	Взаимодействие ионов с парами и газами. Неупругие и упругие взаимодействия ионов в твёрдом теле. Отражение ионов. Излучение из твёрдого тела. Ионно-электронная эмиссия. Нагрев ионами. Радиационная проводимость. Радиационные дефекты. Радиационно-стимулированная диффузия. Фазовые превращения. Химические реакции. Внедрение ионов. Использование процессов взаимодействия ионов с веществом в технологии.
4.	Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии плазмы с веществом и возможности их использования в технологии.	Упругие взаимодействия. Отражение частиц. Смещение атомов. Распыление. Нагрев. Термодиффузия. Неупругие взаимодействия. Извлечение частиц из плазмы. Радиационные дефекты. Изменение энергии активации. Химические реакции. Изменение свойств твёрдых тел. Использование процессов взаимодействия плазмы с веществом в технологии.
5.	Комбинированные методы воздействия корпускулярных потоков на вещество.	Сочетание обработки низкотемпературной плазмой и воздействия пучков. Интегрированные технологии с использованием концентрированных потоков энергии и осаждения испарённых атомов. Другие виды гибридных технологий.
6.	Методы элионной и плазменной обработки. Промышленные процессы пучковой и плазменной технологии.	Методы элионной и плазменной обработки. Процессы обработки материалов сфокусированными и широкими электронными, ионными пучками и плазменными потоками. Комбинированные методы воздействия корпускулярных потоков на вещество. Достигнутые физические и технологические показатели при использовании различных энергоносителей.
7.	Ионно-плазменное азотирование поверхности материалов	Принцип ионно-плазменного азотирования. Оборудование для ионно-плазменного электродугового азотирования: устройство, параметры. Проведение процесса ионно-плазменного азотирования стального образца. Обработка и описание результатов ионно-плазменного азотирования.

8.	Электродуговое напыление функциональных покрытий на поверхность материалов.	Принцип электродугового напыления функциональных покрытий. Оборудование для электродугового плазменно-ассистированного напыления покрытий: устройство и параметры. Проведение процесса электродугового плазменно-ассистированного напыления упрочняющего покрытия TiN на металлической образец. Обработка и описание результатов электродугового покрытия.
9.	Импульсная электронно-пучковая модификация поверхности материалов.	Принцип импульсной электронно-пучковой обработки поверхности сталей и сплавов. Оборудование для импульсной электронно-пучковой модификации поверхности материалов и изделий: устройство, параметры. Проведение процесса импульсной электронно-пучковой обработки поверхности образца из нержавеющей стали. Обработка и описание результатов импульсной электронно-пучковой модификации поверхности нержавеющей стали.

Темы лабораторных работ.

1. Электронно-ионно-плазменное (элионное) азотирование материалов и изделий.
2. Электродуговое плазменно-ассистированное напыление покрытий.
3. Импульсная электронно-пучковая модификация поверхности материалов в вакууме.
4. Обработка поверхности материалов электронным пучком большого сечения, выведенным в атмосферу
5. Комбинированная электронно-ионно-плазменная обработка поверхности материалов и изделий.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы, включающей контроль посещаемости, результаты выполнения лабораторных работ по материалам курса, и фиксируется в форме баллов (нарастающим итогом): посещаемость – максимальный балл 10, выполнение лабораторных работ – максимальный балл 50. Контрольная точка проводится не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в первом семестре проводится в устной форме по билетам.

На промежуточную аттестацию (экзамен) планируется не более 40% рейтинга.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзаменационная оценка определяется исходя из результатов экзамена и текущей аттестации в течение семестра и согласуется с принятым соответствием с 5-ти балльной шкалой оценивания: 99-86 — «отлично»; 85-66 — «хорошо»; 65-45 — «удовлетворительно», менее 45 — «неудовлетворительно».

Экзаменационный билет состоит из двух основных вопросов, отражающих содержание дисциплины и проверяющих сформированность компетенции ПК-1 в соответствии с индикаторами ИПК-1.1 и ИПК-1.2. Ответы даются в развернутой форме, включая теоретические основы и примеры практического использования пучково-плазменных технологий.

Экзамен содержит также 2 дополнительных вопроса из списка контрольных вопросов по курсу и по тематике лабораторных работ (приведен в разделе 11). Ответ на дополнительные вопросы даётся в краткой форме, раскрывающей суть изучаемых принципов, устройств и режимов электронно-ионно-плазменной обработки материалов и изделий.

Примеры основных вопросов:

Вопрос 1. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии плазмы с веществом.

Вопрос 2. Основные области применения электронно-пучковых технологий и их особенности.

Дополнительные вопросы:

Вопрос 1. Принципы и методы генерации низкотемпературной плазмы.

Вопрос 2. Методы физического вакуумного напыления (PVD-процессы).

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Основной учебный курс по дисциплине даётся преподавателем для конспектирования и основывается на литературе, приведённой в разделе 12.

Самостоятельная работа студента включает:

- углублённое теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лекционным и практическим занятиям;

- подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;

- подготовку к экзамену.

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>)

Перечень вопросов, выносимых на экзамен.

1. Понятие «технология».
2. Определение «электронно-ионно-плазменных технологий»
3. Особенности и основные преимущества обработки веществ плазмой и потоками ускоренных частиц.
4. Основные области применения плазменных технологий и их особенности.
5. Основные области применения электронно-пучковых технологий и их особенности.
6. Основные области применения ионно-лучевых технологий и их особенности.
7. Современный уровень развития техники и технологии электронно-ионно-плазменной обработки материалов и изделий.
8. Перспективы расширения сфер применения новых технологий в промышленности.
9. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии плазмы с веществом.
10. Примеры использования процессов взаимодействия плазмы с веществом в технологии.
11. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии ускоренных электронов с веществом.
12. Современные возможности и перспективы использования основных физических процессов взаимодействия электронов с веществом в технологии.
13. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии ускоренных ионов с веществом.

14. Современные возможности и перспективы использования основных физических процессов взаимодействия ионов с веществом в технологии.
15. Примеры промышленных процессов обработки материалов плазмой и концентрированными плазменными потоками. Достигнутые физические, технологические и эксплуатационные показатели этих процессов и их результатов.
16. Промышленные процессы обработки материалов сфокусированными электронными пучками.
17. Промышленные процессы обработки материалов широкими электронными пучками.
18. Промышленные процессы обработки материалов сфокусированными ионными пучками.
19. Промышленные процессы обработки материалов широкими ионными пучками.
20. Комбинированные методы воздействия корпускулярных потоков на вещество.
21. Сравнительный анализ достигнутых физических и технологических показателей при использовании различных энергоносителей.
22. Основные типы, особенности конструкций, характеристики и области применения плазмодгенераторов.
23. Основные типы технологических электронных источников, особенности их конструкций, характеристики и области применения.
24. Основные типы технологических ионных источников, особенности их конструкций, характеристики и области применения.
25. Примеры оборудования для комбинированной электронно-ионно-плазменной (ЭИП) обработки материалов и изделий.
26. Основные этапы разработки и внедрения новых ЭИП технологий и оборудования в производство.
27. Смысл технологического анализа при внедрении новых ЭИП технологий.
28. Критерии выбора ЭИП технологий при обработке изделий.
29. Основные научные проблемы, которые необходимо решить в ходе внедрения в ЭИП технологий.
30. Основные этапы анализа рынка ЭИП технологий и конкуренции на рынке высоких технологий.

Вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение и входящие в экзамен как дополнительные.

- 1.1. Сравнение плазменно-пучковых технологий с лазерными технологиями. Преимущества и недостатки тех и других.
- 2.1. Принципы и методы генерации электронных пучков.
- 2.2. Электронные пушки с плазменным катодом.
- 2.3. Электронные источники со взрывоэмиссионным катодом.
- 2.4. Технологии диагностики поверхности материалов с использованием электронных пучков.
- 3.1. Принципы и методы генерации ионных пучков.
- 3.2. Источники газовых ионов.
- 3.3. Источники для генерации мощных ионных пучков.
- 3.4. Технологии диагностики поверхности материалов с использованием ионных пучков.
- 4.1. Принципы и методы генерации низкотемпературной плазмы.
- 4.2. Электродуговые плазмодгенераторы атмосферного давления.
- 4.3. Генераторы плазмы на основе разрядов низкого давления.
- 4.4. Технологии диагностики поверхности материалов с использованием плазмы.
- 5.1. Принципы и конструкции установок для комплексной электронно-ионно-плазменной обработки поверхности материалов и изделий.
- 5.2. Комплексная обработка поверхности с последовательным использованием нескольких электрофизических установок.

- 5.3. Установки сочетающие плазменную и пучковую обработки в едином вакуумном цикле.
- 5.4. Перспективы комплексных электронно-ионно-плазменных технологий.
- 6.1. Новые и потенциальные области применений плазменно-пучковых технологий.
- 6.2. Биомедицинские применения плазменно-пучковых технологий.
- 6.3. Экологические аспекты применения плазменно-пучковых технологий.
- 6.4. Плазменно-пучковые технологии как инструмент для энерго- и ресурсосбережения.
- 7.1. Основные методы азотирования материалов и изделий.
- 7.2. Метод газового азотирования: преимущества и недостатки.
- 7.3. Азотирование с использованием плазмы тлеющего разряда.
- 7.4. Азотирование с использованием электронных и ионных потоков.
- 8.1. Методы физического вакуумного напыления (PVD-процессы).
- 8.2. Методы химического вакуумного напыления (CVD-процессы).
- 8.3. Магнетронные распылительные системы и их применение.
- 8.4. Пучковые методы напыления функциональных покрытий.
- 9.1. Модификация поверхности с использованием пушек со врывоэмиссионными катодами.
- 9.2. Модификация поверхности с использованием импульсных компрессионных потоков плазмы.
- 9.3. Модификация поверхности с использованием мощных ионных пучков.

Вопросы по тематике лабораторных работ.

1. Каков принцип действия и основные параметры установки для электронно-ионно-плазменного азотирования «ЭЛИОН»?
2. Как изменяются свойства поверхности сталей после электронно-ионно-плазменного азотирования?
3. Каков принцип действия и основные параметры установки «КВИНТА» для электродугового плазменно-ассистированного напыления покрытий?
4. Как изменяются свойства поверхности материалов после напыления функциональных покрытий электродуговым методом?
5. Каков принцип действия и основные параметры установки «СОЛО» для импульсной электронно-пучковой модификации поверхности материалов?
6. Как изменяются свойства поверхности конструкционных материалов после импульсной электронно-пучковой обработки?
7. Каков принцип действия и основные параметры установки «ДУЭТ» для электронно-пучковой обработки материалов в атмосфере?
8. Как изменяются свойства материалов после электронно-пучковой (радиационной) обработки?
9. Каков принцип действия и основные параметры установки «КОМПЛЕКС» для комбинированной электронно-ионно-плазменной обработки поверхности материалов?
10. Как изменяются свойства материалов после комбинированной электронно-ионно-плазменной обработки?

Используются виды самостоятельной работы магистранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, на рабочих местах с доступом к интернет-ресурсам, и в домашних условиях. Магистранты имеют возможность получать консультации у лектора.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим основную и дополнительную учебную и научную литературу, а также конспекты лекций.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Рыкалин Н.Н., Зуев И.В., Углов А.А. Основы электронно-лучевой обработки материалов. М.: Машиностроение, 1978.
2. Аброян И.А., Андронов А.Н., Титов А.И. Физические основы электронной и ионной технологии. Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1984.
3. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. Справочник. – М.: Машиностроение, 1985.
4. Ивановский Г.Ф., Петров В.И., Ионно-плазменная обработка материалов. – М.: «Радио и связь», 1986.
5. Грибков В.А., Григорьев Ф.И., Калинин Б.А., Якушин В.П. Перспективные радиационно-пучковые технологии обработки материалов. – М.: Издательский дом «Круглый стол», 2001, 527 с.
6. Берлин Е. В., Коваль Н. Н., Сейдман Л. А. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей. – М.: Техносфера, 2012. – 464 с.

б) дополнительная литература:

1. Диденко А.Н., Григорьев В.П., Усов Ю.П. Мощные электронные пучки и их применение. – М.: Атомиздат, 1966, 280 с.
2. Электронно- и ионнолучевая технология. Сборник статей под редакцией Р. Бакиша. – М., Металлургия, 1968, 443 с.
3. Зорин Е.И., Павлов П.В., Тетельбаум Д.И. Ионное легирование полупроводников. – М., Энергия, 1975, 128 с.
4. Рябухин Ю.С., Шальков А.В. Ускоренные пучки и их применение. – М.: Атомиздат, 1980, 192 с.
5. Сильноточные импульсные электронные пучки в технологии. Сборник статей под редакцией Месяца Г.А. – Новосибирск, Наука, 1983, 169 с.
6. Бугаев С.П., Крейнделъ Ю.Е., Щанин П.М. Электронные пучки большого сечения. – М., Энергоатомиздат, 1984, 112 с.
7. Воздействие концентрированных потоков энергии на материалы. Сборник статей под редакцией Рыкалина Н.Н., М.: Наука, 1985, 246 с.
8. Радиационно-стимулированная диффузия в металлах / Шалаев А. М. - М. : Атомиздат, 1972. - 145 с. : ил. - Библиогр.: с. 139-146.
9. Ионная имплантация в металлы / Ф. Ф. Комаров. - Москва : Металлургия, 1990. - 216 с. : ил.; 21 см.; ISBN 5-229-00342-1
10. Быковский, Юрий Алексеевич. Ионная и лазерная имплантация металлических материалов / Ю. А. Быковский, В. Н. Неволин, В. Ю. Фоминский. — Москва : Энергоатомиздат, 1991. — 235,[2] с.: ил.: 20 см. — Библиогр.: с. 232-236 (137 назв.). — ISBN 5-283-03921-8.
11. Моряков О.С. Элионная обработка. – М.: Высшая скорость, 1990. – 128 с.
12. Войценя В.С., Гужова С.К., Титов В.И. Воздействие низкотемпературной плазмы и электромагнитного излучения на материалы. – М., Энергоатомиздат, 1991, 224 с.
13. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. – М., Энергоатомиздат, 1991, 304 с.
14. Лясников В.Н., Новак Ю.М. Плазменное напыление полимерных материалов. – М., ЦНИИ «Электроника», 1991, 43 с.,
15. Никитин М.М. Технология и оборудование вакуумного напыления, М., Металлургия, 1992, 112 с.
16. Лясников В.Н., Райгородский В.М., Технологическое оборудование для плазменного напыления. – М., ЦНИИ «Электроника», 1992, 55 с.
17. Физические основы ионных технологий создания стабильных многослойных металлических материалов / Кадыржанов К. К., Туркебаев Т. Э., Удовский А. Л.; Ин-т ядер. физики. Нац. ядер. центра Респ. Казахстан. - Алматы : Ин-т ядер. физики НЯЦ РК, 2001. - 315 с.; 21 см.; ISBN 9965-9051-9-3

18. Хокинг М., Васантасри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия. – М., Мир, 2000, 518 с.
19. Волокитин Г.Г. Плазменная обработка материалов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2009, 200 с.
20. Белов А.Б., Быценко О.А., Крайников А.В. и др. Сильноточные импульсные электронные пучки для авиационного двигателестроения. – М.: Дипак, 2012, 292 с.
21. Углов В.В., Черенда Н.Н., Анищик В.М. и др. Модификация материалов компрессионными плазменными потоками. – Минск: БГУ, 2013, 248 с.
22. Юров В.М., Лауринас В.Ч., Гученко С.А. и др. Структура и свойства многофазных ионно-плазменных покрытий. – Караганда: Издательско-полиграфический центр Казахстанско-Российского университета, 2013, 150 с.
23. Современные тенденции модифицирования структуры и свойств материалов. Под общ. ред. Н.Н. Ковалья и В.Е. Громова. – Томск: Изд-во НТЛ, 2015, 380 с.
24. Углов В.В. Радиационные процессы и явления в твердых телах. Минск: Вышэйшая школа, 2016, 188 с.
25. Электронно-ионно-плазменная модификация поверхности цветных металлов и сплавов / под общ. ред. Н.Н. Ковалья, Ю.Ф. Иванова. – Томск: Изд-во НТЛ, 2016. – 312 с.
26. Эволюция структуры поверхностного слоя стали, подвергнутой электронно-ионно-плазменным методам обработки / [Денисова Ю. А., Иванов Ю. Ф., Иванова О. В. и др.]; под общ. ред. Н. Н. Ковалья, Ю. Ф. Иванова ; Федер. агентство науч. орг., Ин-т сильноточ. электроники СО РАН, Нац. исслед. Том. гос. ун-т. - Томск : Изд-во научно-технической литературы, 2016. - 303 с.
27. Наносекундные ускорители электронов для радиационных технологий / Соковнин С.Ю. – Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2017, – 348с.
28. Плазменные технологии создания и обработки строительных материалов / В. А. Власов, Г. Г. Волокитин, Н. К. Скрипникова, О. Г. Волокитин ; Томский гос. архитектурно-строит. ун-т. - Томск : Издательство НТЛ, 2018. - 509 с.
29. Ротштейн, В.П. Модификация поверхностных слоёв металлических материалов низкоэнергетическими сильноточными электронными пучками / В.П. Ротштейн, Д.И. Проскуровский, Г.Е. Озур, Ю.Ф. Иванов. – Новосибирск: Наука, 2019. – 347 с.
30. Структура и свойства твёрдых тел, подвергнутых высокоинтенсивному воздействию: к 65-летию профессора Ю. Ф. Иванова/ Ю. А. Абзаев, Е. В. Арышенский, Ю. Х. Ахмадеев [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Ковалья и В. Е. Громова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Институт сильноточной электроники СО РАН [и др.] – Новокузнецк: Полиграфист, 2020 – 336 с.
31. Берлин, Коваль, Сейдман: Упрочнение стальных деталей плазмохимической обработкой. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 468 с.
32. Расчёт, моделирование и проектирование генераторов низкотемпературной плазмы : учебник / Клименко Г. К., Кузенов В. В., Ляпин А. А., Рыжков С. В. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. - 261 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- Козлов О.В. Электрический зонд в плазме. М.: Атомиздат, 1969 (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Kozlov1969ru.djvu>)
- Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков. М.: Атомиздат, 1979 (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/ArcimovichSagdeev1979ru.djvu>)
- Лоусон Дж. Физика пучков заряженных частиц. М.: Мир, 1980 (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Louson1980ru.djvu>)

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office

Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); системы компьютерной вёрстки LaTeX; системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica, Waterloo Maple;

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

При осуществлении образовательного процесса предполагается использование мультимедийных технологий, электронных ресурсов и коммуникационных технологий, включая сайт физического факультета, социальные сети, электронную почту, личные сайты преподавателей.

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате, оснащенные системой («Актру»).

Помещения в ИСЭ СО РАН для проведения лабораторных и практических занятий.

Все виды материально-информационной базы Научной библиотеки ТГУ и ИСЭ СО РАН. Мультимедийное оборудование физического факультета ТГУ и ИСЭ СО РАН. Сеть Интернет. Программное обеспечение курсов, предшествующих изучению представленной дисциплины.

15. Информация о разработчиках

Коваль Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, кафедра физики плазмы физического факультета ТГУ, профессор - совместитель.