

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1159490	Электрофизические технологии

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Электроника и наноэлектроника	Код ОП 1. 11.03.04/33.01
Направление подготовки 1. Электроника и наноэлектроника	Код направления и уровня подготовки 1. 11.03.04

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Чолах Сеиф Османович	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	электрофизики

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Электрофизические технологии

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуле изучаются современные электрофизические методы обработки материалов. Описана физика процессов и явлений, протекающих при электронной, ионной, лазерной и других видах обработки. Рассмотрены вопросы правильного выбора способа обработки. Даны методы расчета оптимальных параметров технологических установок.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Электрофизические методы обработки материалов	5
2	Вакуумная эмиссионная электроника	4
3	Физика электронных и ионных процессов	9
ИТОГО по модулю:		18

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Вакуумная эмиссионная электроника	ПК-13 - Способность к профессиональной эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту приборов,	3-1 - Различать основные принципы генерирования электрических импульсов большой мощности 3-2 - Описывать устройство генераторов большой мощности 3-3 - Различать способы генерирования, сжатия и трансформирования

<p>электронных средств и электронных систем</p>	<p>наносекундных импульсов с использованием линий с распределенными параметрами и активных сред</p> <p>З-4 - Описывать основные методы электрофизической обработки материалов; явления, происходящие в процессе обработки материалов корпускулярными и электромагнитными излучениями</p> <p>У-1 - Выбирать с учетом практических целей тип устройства и его составных частей для генерирования импульсов с определенными заданными параметрами</p> <p>У-2 - Выбирать необходимый электрофизический способ обработки конкретного материала</p> <p>У-3 - Выбирать рабочие параметры установки; применять на практике ионные, электронные и лазерные технологии при обработке материалов</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт работы с современными генераторами большой электрической мощности</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт использования ионной, электронной и лазерной технологий</p>
<p>ПК-14 - Способен налаживать, испытывать, проверять работоспособность измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области физической электроники</p>	<p>З-1 - Различать основные принципы измерения быстропротекающих процессов в условиях действия электромагнитных полей</p> <p>З-2 - Различать правила построения эквивалентных схем измерения и правила согласования диагностического устройства и измерительного прибора</p> <p>З-3 - Характеризовать методы измерения основных параметров быстропротекающих электрофизических процессов</p> <p>З-4 - Определять элементы конструкции, параметры и характеристики приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники</p> <p>У-1 - Выбирать с учетом практических целей методы измерения параметров процессов, рассчитывать диагностические</p>

		<p>устройства и согласовывать их с измерительным прибором</p> <p>У-2 - Использовать стандартные программные средства для расчета и моделирования параметров приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт расчета диагностических устройств и их согласования с измерительными приборами для надежной регистрации параметров быстропротекающих электрофизических процессов</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор методик экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники</p>
<p>Физика электронных и ионных процессов</p>	<p>ПК-13 - Способность к профессиональной эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту приборов, электронных средств и электронных систем</p>	<p>З-1 - Различать основные принципы генерирования электрических импульсов большой мощности</p> <p>З-2 - Описывать устройство генераторов большой мощности</p> <p>З-3 - Различать способы генерирования, сжатия и трансформирования наносекундных импульсов с использованием линий с распределенными параметрами и активных сред</p> <p>З-4 - Описывать основные методы электрофизической обработки материалов; явления, происходящие в процессе обработки материалов корпускулярными и электромагнитными излучениями</p> <p>У-1 - Выбирать с учетом практических целей тип устройства и его составных частей для генерирования импульсов с определенными заданными параметрами</p> <p>У-2 - Выбирать необходимый электрофизический способ обработки конкретного материала</p> <p>У-3 - Выбирать рабочие параметры установки; применять на практике ионные, электронные и лазерные технологии при обработке материалов</p>

		<p>П-1 - Иметь практический опыт работы с современными генераторами большой электрической мощности</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт использования ионной, электронной и лазерной технологий</p>
	<p>ПК-14 - Способен налаживать, испытывать, проверять работоспособность измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области физической электроники</p>	<p>З-1 - Различать основные принципы измерения быстропротекающих процессов в условиях действия электромагнитных полей</p> <p>З-2 - Различать правила построения эквивалентных схем измерения и правила согласования диагностического устройства и измерительного прибора</p> <p>З-3 - Характеризовать методы измерения основных параметров быстропротекающих электрофизических процессов</p> <p>З-4 - Определять элементы конструкции, параметры и характеристики приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники</p> <p>У-1 - Выбирать с учетом практических целей методы измерения параметров процессов, рассчитывать диагностические устройства и согласовывать их с измерительным прибором</p> <p>У-2 - Использовать стандартные программные средства для расчета и моделирования параметров приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт расчета диагностических устройств и их согласования с измерительными приборами для надежной регистрации параметров быстропротекающих электрофизических процессов</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор методик экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники</p>
<p>Электрофизические методы обработки</p>	<p>ПК-13 - Способность к профессиональной эксплуатации,</p>	<p>З-1 - Различать основные принципы генерирования электрических импульсов большой мощности</p>

<p>материалов</p>	<p>техническому обслуживанию и ремонту приборов, электронных средств и электронных систем</p>	<p>З-2 - Описывать устройство генераторов большой мощности</p> <p>З-3 - Различать способы генерирования, сжатия и трансформирования наносекундных импульсов с использованием линий с распределенными параметрами и активных сред</p> <p>З-4 - Описывать основные методы электрофизической обработки материалов; явления, происходящие в процессе обработки материалов корпускулярными и электромагнитными излучениями</p> <p>У-1 - Выбирать с учетом практических целей тип устройства и его составных частей для генерирования импульсов с определенными заданными параметрами</p> <p>У-2 - Выбирать необходимый электрофизический способ обработки конкретного материала</p> <p>У-3 - Выбирать рабочие параметры установки; применять на практике ионные, электронные и лазерные технологии при обработке материалов</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт работы с современными генераторами большой электрической мощности</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт использования ионной, электронной и лазерной технологий</p>
	<p>ПК-14 - Способен налаживать, испытывать, проверять работоспособность измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области физической электроники</p>	<p>З-1 - Различать основные принципы измерения быстропротекающих процессов в условиях действия электромагнитных полей</p> <p>З-2 - Различать правила построения эквивалентных схем измерения и правила согласования диагностического устройства и измерительного прибора</p> <p>З-3 - Характеризовать методы измерения основных параметров быстропротекающих электрофизических процессов</p> <p>З-4 - Определять элементы конструкции, параметры и характеристики приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники</p>

		<p>У-1 - Выбирать с учетом практических целей методы измерения параметров процессов, рассчитывать диагностические устройства и согласовывать их с измерительным прибором</p> <p>У-2 - Использовать стандартные программные средства для расчета и моделирования параметров приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт расчета диагностических устройств и их согласования с измерительными приборами для надежной регистрации параметров быстропротекающих электрофизических процессов</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор методик экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники</p>
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Электрофизические методы обработки
материалов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Чолах Сеиф Османович	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	электрофизики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Чолах Сеиф Османович, Профессор, электрофизики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Цели и задачи курса, его связь с другими дисциплинами, исторические аспекты развития электрофизических методов. Терминология. Классификация методов электрофизической обработки материалов.
P2	Электрический взрыв в конденсированных средах	Последовательность явлений при электрическом взрыве в конденсированных средах. Феноменологическая схема последовательности явлений, при электрическом взрыве в конденсированных средах. Краткое описание электрогидравлической и электроискровой технологий. Способы инициирования разрядов
P3	Способы инициирования электрических разрядов	Инициирование разряда в жидкостях при электрической форме пробоя. Инициирование разряда в твёрдых диэлектриках при электрической форме пробоя. Инициирование разряда электротепловым пробоем жидких и твёрдых диэлектриков. Инициирование разрядов введением инородностей. Использование вспомогательных источников электрических сигналов для инициирования разрядов.
P4	Электроэрозионный способ обработки материалов	Электроэрозионный способ обработки материалов. Физические условия осуществления размерной электроэрозионной обработки. Способы подвода энергии.
P5	Основные вопросы качественной теории электроискровой обработки в	Энергетические процессы на электродах и в канале при импульсном пробое в малых промежутках. Процессы в столбе разряда. Процессы на аноде. Процессы на катоде. Тепловые процессы на поверхности электродов при электроискровой

	жидкой диэлектрической среде	обработке металлов. Гидродинамические процессы в межэлектродном промежутке. Задача о расширении и схлопывании газового пузыря.
P6	О механизме электрической эрозии металлов в жидкой диэлектрической среде	Данные скоростной рентгеноимпульсной съемки. Модель механизма электрической эрозии в импульсном разряде. Характеристики электроэрозионного способа обработки металлов. Электротехнологические характеристики обработки. Выбор материала электрода-инструмента.
P7	Электроимпульсный и электрогидравлический способы обработки и разрушения материалов	Технологические аспекты применения электрогидравлической технологии. Технологические аспекты электрогидравлической штамповки. Электрогидравлическая раздача трубчатых изделий. Электрогидравлическое разрушение горных пород, руд и строительных материалов. Разрушение (взрывание) негабаритов.
P8	Обработка материалов энергией импульсного магнитного поля	Превращение энергии в процессе формообразования. Расчёт основных параметров установок.
P9	Плазменный способ обработки материалов	Плазма и её некоторые свойства. Получение дуговой плазмы. Факторы, влияющие на энергетические характеристики плазменной струи. Области применения плазменных технологий.
P10	Лазерная обработка материалов	Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Лазерная резка металлов. Лазерная сварка. Основные закономерности лазерного упрочнения сталей.
P11	Заключение	Перспективы развития электрофизических методов обработки материалов. Проблемы, возможные пути развития.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности	ПК-13 - Способность к профессиональной эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту приборов, электронных средств и электронных систем	3-4 - Описывать основные методы электрофизической обработки материалов; явления, происходящие в процессе обработки материалов корпускулярными и электромагнитными излучениями

				<p>У-3 - Выбирать рабочие параметры установки; применять на практике ионные, электронные и лазерные технологии при обработке материалов</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт использования ионной, электронной и лазерной технологий</p>
--	--	--	--	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электрофизические методы обработки материалов

Электронные ресурсы (издания)

1. , Иванов, В. В., Медведев, А. И., Чолах, С. О.; Магнитно-импульсный метод прессования наноразмерных порошков : Метод. указания к лаб. работе для студентов днев. формы обучения физ.-техн. фак..; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1149> (Электронное издание)
2. , Осипов, В. В., Соломонов, В. И., Чолах, С. О.; Импульсный катодолюминесцентный анализ вещества : Метод. указания к лаб. работам для студентов дневной формы обучения физ.-техн. фак..; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1152> (Электронное издание)
3. , Крейнцель, Ю. Е., Овчинников, В. В., Чолах, С. О.; Воздействие пучков заряженных частиц на металлические сплавы : Метод. указания к лаб. работам для студентов днев. формы обучения.; УПИ, Свердловск; 1991; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1161> (Электронное издание)
4. , Литвинов, Е. А., Осипов, В. В., Соломонов, В. И., Чолах, С. О.; Свойства лазерного излучения : Метод. указания к лаб. практикуму для студентов дневной формы обучения физ.-техн. фак..; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1147> (Электронное издание)
5. , Литвинов, Е. А., Осипов, В. В., Чолах, С. О., Шепеленко, А. А.; Процесс формирования пространственной структуры электромагнитного поля в резонаторе лазера. Расчет структуры поля методом Фокса-Ли : Метод. указания к лаб. практикуму для студентов дневной формы обучения физ.-техн. фак..; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1144> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Зацепин, Д. А., Чолах, С. О., Курмаев, Э. З.; Физические основы технологий микро- и наноэлектроники : учебник для студентов специальности 210101 - Физ. электроника направления подгот. дипломир. специалистов 654100 - Электроника и микроэлектроника.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2006 (20 экз.)
2. Никулин, С. П., Чолах, С. О., Яландин, М. И.; Электронные и ионные процессы в газоразрядных системах низкого давления : учебник для студентов специальности 210101 - Физическая электроника направления . 654100 - Электроника и микроэлектроника.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2008 (21 экз.)
3. Кузнецов, Д. Л., Новоселов, Ю. Н., Чолах, С. О., Шмелев, Д. Л.; Физика и применение низкотемпературной плазмы : учеб. пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2011 (10 экз.)
4. Пунанов, И. Ф., Емлин, Р. В.; Высоковольтный наносекундный пробой конденсированных сред : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 11.03.04 - Электроника и наноэлектроника.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2018 (10 экз.)
5. Котов, Ю. А.; Импульсные технологии и наноматериалы : избранные труды.; УрО РАН, Екатеринбург; 2013 (1 экз.)
6. Месяц, Г. А., Пегель, И. В.; Введение в наносекундную импульсную энергетику и электронику : курс лекций для физиков и инженеров.; ФИАН, Москва; 2009 (23 экз.)
7. Григорьянц, А. Г., Шиганов, И. Н., Мисюров, А. И.; Технологические процессы лазерной обработки : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Машины и технология высокоэффектив. процессов обраб. материалов" направления подгот. "Машиностроит. технологии и оборудование".; МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2008 (7 экз.)
8. Месяц, Г. А.; Импульсные газовые лазеры; Наука, Москва; 1991 (2 экз.)
9. Королев, Ю. Д.; Физика импульсного пробоя газов; Наука, Москва; 1991 (6 экз.)
10. Шадуя, В. Л.; Современные методы обработки материалов в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностроит. и приборостроит. специальностей учреждений, обеспечивающих получение высш. образования.; Техноперспектива, Минск; 2008 (12 экз.)
11. ; Лазерная и электроннолучевая обработка материалов : справ.;; Машиностроение, Москва; 1985 (6 экз.)
12. Диденко, А. Н.; Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов; Энергоатомиздат, Москва; 1987 (2 экз.)
13. , Соколов, Б. К., Счастливец, В. М., Терегулов, Н. Г.; Актуальные вопросы лазерной обработки сталей и сплавов; Б. и., Екатеринбург ; Кумертау; 1994 (60 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).

9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Российская научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
2. Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).
3. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).
4. Официальный сайт Института электрофизики УрО РАН (<http://ier.uran.ru/>).

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электрофизические методы обработки материалов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> <p>1. Наносекундный генератор РАДАН-303.</p> <p>2. Мегавольтный полупроводниковый генератор С-5Н.</p> <p>3. Вакуумный стенд для исследования тяговых характеристик ИЭДРД.</p> <p>4. Ускоритель УРТ-0,5.</p> <p>5. Генератор импульсных напряжений Аркадьева-Маркса с выходным напряжением до 120 кВ.</p> <p>6. Установка для магнитно-импульсного прессования нанопорошков.</p> <p>7. Установка для получения нанопорошков металлов, сплавов и их оксидов методом электрического взрыва проволоки.</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
3	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

		Подключение к сети Интернет	
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Вакуумная эмиссионная электроника

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Музюкин Илья Львович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	электрофизики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Музюкин Илья Львович, Доцент, электрофизики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Характеристика предмета, объем и содержание. Формы аудиторной работы. Формы контроля знаний. Описание учебной литературы.
P2	Основные понятия и определения	Физическое содержание явления эмиссии частиц. Виды эмиссии. Общие характеристики процессов взаимодействия заряженных частиц с твердым телом.
P3	Термоавтоэмиссия (теория)	Элементы электронной теории твердых тел. Потенциальный барьер на границе твердое тело-вакуум. Коэффициент прозрачности. Энергетические спектры эмитируемых частиц. Плотность тока эмиссии. Тепловые эффекты при термоавтоэмиссии.
P4	Токи, ограниченные пространственным зарядом	Задачи о прохождении токов, ограниченных собственным пространственным зарядом. Самосогласованный характер описания. Различные режимы токопропускной способности межэлектродных промежутков. Влияние эмиттера. Самосогласованность условий эмиссии и токопропускной способности.
P5	Термоавтоэмиссия (эксперимент)	Автоэлектронная эмиссия. Особенности автоэмиссионного диода. вольтамперные характеристики. Характеристики Фаулера-Нордгейма. Калориметрические методы при автоэмиссии. Термоэлектронная эмиссия. Характеристики Ричардсона-Шоттки. Калориметрические методы при

		термоэмиссии. Измерения энергетических спектров электронов эмиссии.
P6	Термоавтоэмиссия (применение)	Автоэлектронный проектор. Ненакаливаемые катоды. Сканирующий туннельный микроскоп. Электровакуумные приборы. Электронные трубки. Прямое преобразование тепловой энергии в электрическую с использованием термоэлектронной эмиссии.
P7	Взрывная эмиссия	Феноменология явления взрывной эмиссии. Временные стадии. Основные количественные характеристики. Стадия инициирования. Предельные токи термоавтоэмиссии. Искровая стадия. Эрозия электродов. Катодный факел. Закономерности прохождения тока при взрывной эмиссии. Применение взрывной эмиссии.
P8	Фотоэмиссия	Закономерности фотоэффекта. Фотовозбуждение электронов. «Объемный» и «поверхностный» фотоэффект. Применение фотоэмиссии.
P9	Вторичная эмиссия	Электрон-электронная вторичная эмиссия. Оже-эффект. Ион-электронная вторичная эмиссия. Кинетическая ион-электронная эмиссия. Потенциальная эмиссия. Поверхностная ионизация. Катодное распыление. Явления адсорбции и десорбции. Прохождение заряженных частиц через вещество. Применения вторичной эмиссии.
P10	Другие виды эмиссии	Экзоэлектронная эмиссия. Основные закономерности. Термо- и фото- стимулирование. Использование. Авто-стимулированные виды эмиссии.
P11	Заключение	Нерешенные проблемы физики взаимодействия заряженных частиц с твердым телом применительно к задачам электрофизики. Перспективы решения. Возможные пути создания новых технологий.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-14 - Способен налаживать, испытывать, проверять работоспособность измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого для решения различных научно-	3-4 - Определять элементы конструкции, параметры и характеристики приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники У-2 -

			технических, технологических и производственных задач в области физической электроники	Использовать стандартные программные средства для расчета и моделирования параметров приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники П-2 - Осуществлять обоснованный выбор методик экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вакуумная эмиссионная электроника

Электронные ресурсы (издания)

1. Битнер, Л. Р.; Вакуумная и плазменная электроника : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2007; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208653> (Электронное издание)
2. Елинсон, М. И., Зернов, Д. В.; Автоэлектронная эмиссия; Гос. изд-во физико-математической лит., Москва; 1958; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=212319> (Электронное издание)
3. Месяц, Г. А.; Взрывная электронная эмиссия : монография.; Физматлит, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468335> (Электронное издание)
4. , Емлин, Р. В., Лопатин, В. В., Никулин, С. П., Чолах, С. О.; Фрактальная модель пробоя диэлектриков : Метод. указания к лаб. работам для студентов дневной формы обучения физ.-техн. фак.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1142> (Электронное издание)
5. , Литвинов, Е. А., Медведев, А. И., Филатов, А. И., Чолах, С. О.; Термоэлектронная эмиссия. Экспериментальная проверка закона Ричардсона-Дешмана : Метод. указания к лаб. практикуму для студентов дневной формы обучения физ.-техн. фак.; УГТУ, Екатеринбург; 2000; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1143> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Месяц, Г. А.; Эктоны в вакуумном разряде: пробой, искра, дуга; Наука, Москва; 2000 (8 экз.)
2. Месяц, Г. А.; Эктоны Ч. 1. ; Наука, Екатеринбург; 1993 (11 экз.)
3. Месяц, Г. А.; Эктоны Ч. 2. Эктоны в электрических разрядах; Наука, Екатеринбург; 1994 (11 экз.)
4. Месяц, Г. А.; Эктоны Ч. 3. Эктоны в электрофизических устройствах; Наука, Екатеринбург; 1994 (11 экз.)
5. Месяц, Г. А., Пегель, И. В.; Введение в наносекундную импульсную энергетику и электронику : курс лекций для физиков и инженеров.; ФИАН, Москва; 2009 (23 экз.)
6. Сушков, А. Д.; Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. бакалавров, магистров и дипломир. специалистов "Электроника и микроэлектроника".; Лань, СПб. ; Москва ; Краснодар; 2004 (2 экз.)
7. Литвинов, Е. А., Уйманов, И. В., Чолах, С. О., Сюткин, Н. Н.; Эмиссионная электроника : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (21 экз.)
8. Вершинин, Ю. Н.; Электронно-тепловые и детонационные процессы при электрическом пробое твердых диэлектриков; УрО РАН, Екатеринбург; 2000 (5 экз.)
9. Фурсей, Г. Н.; Автоэлектронная эмиссия : [учебное пособие].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2012 (2 экз.)
10. Егоров, Н. В.; Автоэлектронная эмиссия. Принципы и приборы : [учебник-монография].; Интеллект, Долгопрудный; 2011 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).

16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Российская научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
2. Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).
3. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).
4. Официальный сайт Института электрофизики УрО РАН (<http://iep.uran.ru/>).

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вакуумная эмиссионная электроника

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Подключение к сети Интернет</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Мегавольтный полупроводниковый генератор С-5Н. 2. Вакуумный стенд для исследования тяговых характеристик ИЭДРД. 3. Ускоритель УРТ-0,5. 4. Релятивистский СВЧ генератор МG-4R 38 ГГц. 5. Просвечивающий электронный микроскоп. 6. Сканирующий электронный микроскоп. 	
3	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика электронных и ионных процессов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Никулин Сергей Павлович	доктор физико- математических наук, профессор	Заведующий кафедрой	электрофизики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Никулин Сергей Павлович, Заведующий кафедрой, электрофизики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Классификация электрических разрядов и основные электронные и ионные процессы, связанные с возникновением и протеканием электрического тока в газовых и вакуумных промежутках.
P2	Теория атомных столкновений	Основные понятия теории столкновений. Дифференциальное и полное сечение. Транспортное сечение. Газокинетическое сечение. Модель твердых шаров. Длина пробега. Частота столкновений. Упругие и неупругие столкновения. Процессы на поверхности и в объеме твердых тел. Пробой диэлектриков. Движение частиц в вакууме и газе. Подвижность электронов и ионов в сильных и слабых электрических полях. Влияние объемного заряда на величину тока в газовом промежутке.
P3	Несамостоятельный и самостоятельный ток в газе	Начальный участок вольт- амперной характеристики. Ток насыщения. Газовое усиление. Эффект и константа Столетова. Коэффициенты Таунсенда. Переход несамостоятельного тока в самостоятельный. Кривая Пашена. Таунсендовский разряд. Характеристики Таунсендовского разряда.
P4	Тлеющий разряд	Катодная область тлеющего разряда. Нормальный и аномальный тлеющий разряд. Положительный столб. Страты. Контракция положительного столба. Анодная область. Явления в прианодной области. Зондовая методика. Тлеющие разряды низкого давления. Высоковольтный тлеющий разряд. Тлеющие разряды с осциллирующими электронами.

P5	Пробой газовых промежутков высокого давления	Стримерный механизм пробоя. Трудности Таунсендовского механизма пробоя. Лавинно-стримерный переход. Лидерный механизм пробоя длинных промежутков. Коронный разряд. Молния. Самостоятельный и несамостоятельный объемный разряд. Пробой при высоких перенапряжениях. Убегающие электроны.
P6	Вакуумный пробой	Механизмы инициирования пробоя. Предпробойные явления. Катодный и анодный механизмы инициирования. Эффект полного напряжения. Искровая стадия вакуумного пробоя. Модель Флинна. Характеристики катодного факела.
P7	Дуговые разряды	Дуга с катодным пятном. Основные характеристики катодных пятен. Дуга низкого давления с термокатодом в свободном и несвободном режимах. Низковольтная дуга. Дуга высокого давления. Положительный столб дуги высокого давления. Уравнение Эленбааса. Каналовая модель.
P8	ВЧ-разряды	ВЧ – пробой в вакууме и газе. Емкостной ВЧ – разряд.
P9	Электронные и ионные источники	Эффективные эмиттеры заряженных частиц. Формирование пучков высокой плотности.
P10	Заключение	Нерешенные проблемы в физике электрических разрядов. Возможно использование электрического разряда в различных областях науки и техники.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-13 - Способность к профессиональной эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту приборов, электронных средств и электронных систем	З-4 - Описывать основные методы электрофизической обработки материалов; явления, происходящие в процессе обработки материалов корпускулярными и электромагнитными излучениями У-1 - Выбирать с учетом практических целей тип устройства и его

				<p>составных частей для генерирования импульсов с определенными заданными параметрами</p> <p>У-3 - Выбирать рабочие параметры установки; применять на практике ионные, электронные и лазерные технологии при обработке материалов</p>
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика электронных и ионных процессов

Электронные ресурсы (издания)

1. , Литвинов, Е. А., Никулин, С. П.; Эмиссия заряженных частиц из тлеющих разрядов с осциллирующими электронами : Метод. указания для самостоят. работы студентов днев. формы обучения специальностей физико-техн. фак. по дисциплинам "Физика электрон. и ион. процессов".; ГОУ УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2002; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1279> (Электронное издание)
2. Бобылёв, Ю. В.; Нелинейные явления при электромагнитных взаимодействиях электронных пучков с плазмой : монография.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68965> (Электронное издание)
3. , Емлин, Р. В., Лопатин, В. В., Никулин, С. П., Чолах, С. О.; Фрактальная модель пробоя диэлектриков : Метод. указания к лаб. работам для студентов дневной формы обучения физ.-техн. фак.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1142> (Электронное издание)
4. , Литвинов, Е. А., Никулин, С. П., Чолах, С. О.; Формирование электронных пучков в диодах с термоэмиссионным и плазменным катодами : Метод. указания к лаб. работам для студентов дневной формы обучения физ.-техн. фак.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1145> (Электронное издание)
5. , Литвинов, Е. А., Никулин, С. П.; Тлеющие разряды с осциллирующими электронами : Метод. указания к лекц. курсу "Физика электр. разрядов в вакууме и газе" для студентов днев. формы обучения физ.-техн. фак.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1155> (Электронное издание)
6. , Никулин, С. П., Чолах, С. О., Литвинов, Е. А.; Время задержки искрового разряда в вакууме : метод. указания к лаб. работам для студентов днев. формы обучения специальностей физ.-техн. фак.; УГТУ-

УПИ, Екатеринбург; 2004; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1528> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Райзер, Ю. П.; Физика газового разряда; Интеллект, Долгопрудный; 2009 (16 экз.)
2. Месяц, Г. А., Пегель, И. В.; Введение в наносекундную импульсную энергетику и электронику : курс лекций для физиков и инженеров.; ФИАН, Москва; 2009 (23 экз.)
3. Месяц, Г. А.; Импульсная энергетика и электроника; Наука, Москва; 2004 (2 экз.)
4. Никулин, С. П., Чолах, С. О., Яландин, М. И.; Электронные и ионные процессы в газоразрядных системах низкого давления : учебник для студентов специальности 210101 - Физическая электроника направления . 654100 - Электроника и микроэлектроника.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2008 (21 экз.)
5. Александров, А. Ф., Кузелев, М. В.; Радиоп физика. Физика электронных пучков и основы высокочастотной электроники : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 010800.62 - Радиоп физика по специальностям 010701.65 - Физика и 010802.65 - Фундам. радиоп физика и физ. электроника.; КДУ, Москва; 2007 (2 экз.)
6. Райзер, Ю. П.; Высокочастотный емкостный разряд: Физики. Техника эксперимента. Приложения : Учеб. пособие.; Изд-во Моск. физ-техн. ин-та: Наука. Физ.-мат. лит., Москва; 1995 (1 экз.)
7. Базелян, Э. М.; Искровой разряд : Учеб. пособие для студентов вузов.; Изд-во МФТИ, Москва; 1997 (3 экз.)
8. Базелян, Э. М., Райзер, Ю. П.; Физика молнии и молниезащиты; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2001 (1 экз.)
9. Вершинин, Ю. Н.; Электронно-тепловые и детонационные процессы при электрическом пробое твердых диэлектриков; УрО РАН, Екатеринбург; 2000 (5 экз.)
10. Месяц, Г. А.; Эктоны в вакуумном разряде: пробой, искра, дуга; Наука, Москва; 2000 (8 экз.)
11. , Рухадзе, А. А.; Физические модели и механизмы электрического пробоя газов; Издательство Московского университета, Москва; 2012 (1 экз.)
12. Пунанов, И. Ф., Емлин, Р. В.; Высоковольтный наносекундный пробой конденсированных сред : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2018 (10 экз.)
13. Королев, Ю. Д.; Физика импульсного пробоя газов; Наука, Москва; 1991 (6 экз.)
14. Велихов, Е. П.; Физические явления в газоразрядной плазме; Наука, Москва; 1987 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).

10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
4. Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).
5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).
6. Официальный сайт Института электрофизики УрО РАН (<http://iep.uran.ru/>).

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика электронных и ионных процессов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет 1. Наносекундный генератор РАДАН-303. 2. Мегавольтный полупроводниковый генератор С-5Н. 3. Вакуумный стенд для исследования тяговых характеристик ИЭДРД. 4. Ускоритель УРТ-0,5. 5. Генератор импульсных напряжений Аркадьева-Маркса с выходным напряжением до 120 кВ.	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Не требуется

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
6	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется