

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 |
|-------------------|------------------------------|
| 1163001 | 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 | Вакуумная эмиссионная электроника | 4 |
| 2 | Физика электронных и ионных процессов | 8 |
| 3 | Электрофизические методы обработки материалов | 3 |
| ИТОГО по модулю: | | 15 |

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
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 № 1 от 15.09.2023 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 Ч. 1. ; Наука, Екатеринбург; 1993 (11 экз.)
2. Месяц, Г. А.; Эктоны Ч. 2. Эктоны в электрических разрядах; Наука, Екатеринбург; 1994 (11 экз.)
3. Месяц, Г. А.; Эктоны Ч. 3. Эктоны в электрофизических устройствах; Наука, Екатеринбург; 1994 (11 экз.)
4. Месяц, Г. А.; Эктоны в вакуумном разряде: пробой, искра, дуга; Наука, Москва; 2000 (8 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. , Диденко, А. Н., Никулин, Н. К., Протасов, Ю. С., Фурсей, Г. Н., Федоров, И. Б.; Вакуумная электроника : [учеб. пособие для вузов : в 2 ч.]. Ч. 1. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2008 (1 экз.)
11. 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 Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 2 | Лабораторные занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <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> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 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 № 1 от 15.09.2023 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)

7. Пунанов, И. Ф., Емлина, Р. В.; Высоковольтный наносекундный пробой конденсированных сред : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/107028.html> (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.; Радиофизика. Физика электронных пучков и основы высокочастотной электроники : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 010800.62 - Радиофизика по специальностям 010701.65 - Физика и 010802.65 - Фундам. радиофизика и физ. электроника.; КДУ, Москва; 2007 (2 экз.)
6. Райзер, Ю. П.; Высоочастотный 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; 2011 (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 | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 2 | Практические занятия | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 3 | 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> <ol style="list-style-type: none"> 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 Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 4 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

| | | | |
|---|---|--|---------------------|
| | | Подключение к сети Интернет | |
| 5 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная | Не требуется |
| 6 | 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
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 № 1 от 15.09.2023 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 нанoeлектроники : 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 нанoeлектроника.; 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., Григорьянц, А. Г.; Технологические процессы лазерной обработки : учебное пособие для вузов.; Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2006 (1 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 (4 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://iep.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 Рабочее место преподавателя Доска аудиторная | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---|
| 2 | Практические занятия | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. 6. Установка для магнитно-импульсного прессования нанопорошков. 7. Установка для получения нанопорошков металлов, сплавов и их оксидов методом электрического взрыва проволоки. | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 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> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 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 | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная | Не требуется |
|---|---|--|---------------------|