

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

02.02.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.1.16 Физические основы электроники

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Проектирование и технология электронно-
вычислительных средств

Курс 2
Семестр 3, 4

Распределение учебного времени

| | | |
|---|---------|-----------------------|
| Трудоемкость по учебному плану | 144 / 4 | часов/зачетных единиц |
| Лекции | 4 | часов |
| Лабораторные работы | 8 | часов |
| Практические занятия | - | часов |
| Иная контактная работа | - | часов |
| Всего контактной работы (без учета экз.) | 12 | часов |
| Контактная работа по экзамену | - | часов |
| Курсовой проект (работа) | - | семестр |
| Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.) | 132 | часов |
| Самостоятельная работа по подготовке к экзамену | - | часов |
| Экзамен | - | семестр |
| Зачет | - | семестр |
| БРК, ДЗ | 4 | семестр |

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Программу составили:

| | | | |
|--|-----------|-------------|----------------|
| доцент с ученой степенью кандидата наук | КиПР | СОГЛАСОВАНО | А.В. Мороз |
| (должность) | (кафедра) | | (И.О. Фамилия) |

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

| | |
|------------------------|----------------|
| (наименование кафедры) | |
| 17.01.2022 | протокол № 12 |
| (дата) | |
| Заведующий кафедрой | СОГЛАСОВАНО |
| | Н.И. Сушенцов |
| | (И.О. Фамилия) |

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)
кафедрой(ами).
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

| | | |
|---------------------|-------------|----------------|
| Заведующий кафедрой | СОГЛАСОВАНО | Т.С. Буканова |
| | | (И.О. Фамилия) |

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит
выпускающая кафедра

| | |
|-------------|----------------|
| СОГЛАСОВАНО | А.Н. Дедов |
| | (И.О. Фамилия) |

Эксперт(ы): Семенов Владимир Дмитриевич, заместитель директора ООО "Технотех"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 07.02.2022 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения |
|--|---|--|
| 1. ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ОПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы | знания: Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы в том числе: -основы физики твердого тела; - основных методов и средств измерения параметров и характеристик приборов твердотельной, квантовой и плазменной электроники и методов их моделирования. умения: навыки: |
| | ОПК-1.2 Умеет применять физические законы и математически методы для решения задач теоретического и прикладного характера | знания: умения: Умеет применять физические законы и математически методы для решения задач теоретического и прикладного характера, а именно: - математическими методами описывать вольт-амперные характеристики радиоэлектронных компонентов и их изменения под воздействием внешних факторов; - рассчитывать основные характеристики радиоэлектронных компонентов. навыки: |
| | ОПК-1.3 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач | знания: умения: навыки: Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач, а именно: - владеет основными приемами обработки и представления экспериментальных данных; - владеет навыками анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций. |
| | ОПК-1.6 Понимает физическую сущность явлений и процессов в устройствах различной физической природы и выполняет применительно к ним простые | знания: - знает принципы работы основных компонентов электроники (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы) и простейшие схемы на их основе; -знает принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах |

| | | |
|--|---------------------|--|
| | технические расчеты | и устройствах твердотельной электроники. умения: -умеет на основании понимания физических явлений разбираться в работе основных компонентов электроники (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы) и простейших схем на их основе. навыки: -владеет навыками использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники. |
|--|---------------------|--|

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Математика (ОПК-1), Физика (ОПК-1), Химия (ОПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Основы конструирования и технология производства ЭС (ОПК-1), Теоретические основы радиотехники (ОПК-1); практиках: Учебная практика (ознакомительная) (ОПК-1), Преддипломная практика (ОПК-1); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-1), Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена (ОПК-1)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: дискуссионные, исследовательские, лекционные занятия, практические и лабораторные занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция, лекция-провокация, мини-проекты, проблемная лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3 семестр

| Виды и темы занятий | Количество часов | Формируемые компетенции |
|---|------------------|-------------------------|
| Раздел №1 физические начала, лежащие в основе физики полупроводников | 66 | ОПК-1 |
| Лекция. Лекция 1 Структура и свойства твердых тел Физические основы квантовой механики Элементы статистической физики Элементы зонной теории твердых тел | 2 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 1 решение теста 1 на электронном курсе | 8 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 1 решение теста 2 на электронном курсе | 8 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 1 решение теста | 8 | |

| | | |
|---|-----------|-------|
| 3 на электронном курсе | | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 1 решение теста 4 на электронном курсе | 8 | |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает в себя подготовка к тестированию по пройденному на лекциях материалу, тестирование на электронном курсе, подготовка отчетов к ПР и к процедуре защиты. Конкретные наименования видов работ и времени отводимом на самостоятельную работу указаны в тематическом плане. | 32 | |
| Раздел № 2 физические основы работы п/п приборов | 72 | ОПК-1 |
| Лекция. Лекция 2 Электропроводность твердых тел Равновесные и неравновесные носители заряда Контактные явления | 2 | |
| Лабораторная работа. ЛР 1 "Исследование транзисторов/тиристоров" | 2 | |
| Лабораторная работа. ЛР 2 "Исследование р-п перехода/ диодов/ стабилитронов/ варикапов" | 2 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 2 решение теста 5 на электронном курсе | 8 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 2 решение теста 6 на электронном курсе | 6 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 2 решение теста 7 на электронном курсе | 4 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 2 решение теста 8 на электронном курсе | 4 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка отчета по ЛР 1 "Исследование транзисторов/тиристоров и " и подготовка к защите ЛР | 6 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка отчета по ЛР 1 "Исследование р-п перехода/ диодов/ стабилитронов/ варикапов" и подготовка к защите ЛР | 6 | |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает в себя подготовка к тестированию по пройденному на лекциях материалу, тестирование на электронном курсе, подготовка отчетов к ПР и к процедуре защиты. Конкретные наименования видов работ и времени отводимом на самостоятельную работу указаны в тематическом плане. | 32 | |
| Иная контактная работа: | 0 | |

4 семестр

| Виды и темы занятий | Количество часов | Формируемые компетенции |
|---|------------------|-------------------------|
| Раздел № 3 физические основы работы тонкопленочных приборов | 130 | ОПК-1 |
| Лабораторная работа. Защита ЛР 1 "Исследование транзисторов/тиристоров" и ЛР 2 "Исследование р-п перехода/ диодов/ стабилитронов/ варикапов" выполненных в 1 семестре | 4 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к защите лабораторных работ | 12 | |
| Самостоятельная работа. Подготовка к сдаче теста БРК | 46 | |

| | | |
|---|----|--|
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает в себя подготовка к тестированию по пройденному на лекциях материалу, тестирование на электронном курсе, подготовка отчетов к ПР и к процедуре защиты. Конкретные наименования видов работ и времени отводимом на самостоятельную работу указаны в тематическом плане. | 68 | |
| Иная контактная работа: дифференцированный зачет (БРК) | 0 | |

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины "Б.1.1.16 Физические основы электроники" рекомендуется начать с ознакомления структуры на электронном курсе, технологической карты, литературы, видеолекций.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине Б.1.1.16 Физические основы электроники", концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом практических занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, представленном на электронном курсе Б.1.1.16 Физические основы электроники".

Содержание **самостоятельной работы** определяется на электронном курсе Б.1.1.16 Физические основы электроники", оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ ко всем необходимым для изучения дисциплины Б.1.1.16 Физические основы электроники" материалам, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины Б.1.1.16 Физические основы электроники" включает выполнение практических работ, выполнение тестов по лекциям, сдачи итогового контрольного задания.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены на электронном курсе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине Б.1.1.16 Физические основы электроники" является зачет (балльно-рейтинговый контроль.)

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

| №№ п/п | Список используемой литературы | Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет |
|---|---|---|
| УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ | | |
| 1. | Игумнов, Владимир Николаевич. Физические основы микроэлектроники [Текст] : практикум / В. Н. Игумнов. | 79 / https://portal.volgatech.net/b |

| | | |
|----|--|--|
| | Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. - 202 с. Экземпляры: всего 81. | ooks/igumnov-fiz-osnovy-mikrojel.pdf |
| 2. | Игумнов, Владимир Николаевич. Физические основы микроэлектроники [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлению подгот. "Проектирование и технология электрон. средств" : регистрацион. номер рецензии 389 от 30.06.09, МГУП] / В. Н. Игумнов. Изд. 2-е, перераб. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 295 с. ISBN 978-5-8158-0779-2. Экземпляры: всего 211. | 210 / https://portal.volgatech.net/books/Igumnov.pdf |
| 3. | Физические процессы в биполярном транзисторе [Текст] : [метод. указания к выполнению лаб. работы] / [сост. В. Н. Игумнов]. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 32 с. Экземпляры: всего 67. | 67 |
| 4. | Игумнов, Владимир Николаевич. Физические основы микроэлектроники и электроники [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. Н. Игумнов. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 55 с. Экземпляры: всего 100. | 100 / https://portal.volgatech.net/books/Igumnov_FOMJE.pdf |
| 5. | Игнатов, А. Н. Классическая электроника и нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Игнатов, Н. Е. Фадеева, В. Л. Савиных, В. Я. Вайспапир, С. В. Воробьева. 3-е изд. Москва: ФЛИНТА, 2017. - 728 с. ISBN 978-5-9765-0263-5. | https://e.lanbook.com/book/106860 |

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

| №№ п/п | Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации | Перечень основного оборудования | Программное обеспечение |
|--------|---|--|--|
| 1. | 410 (III) | Автоматизир-я лаб. установка д/исследования полупроводн.материалов с ПЭВМ. (1), Атоматизированный комплекс по исследованию характеристик пленок и джозеф. структур на основе высокотемпер.и сверхпровод.материалов (1), Зонд измерительный М 1 с ПХВ 606817А (1), Зонд измерительный М 1 с ПХВ 606818А (1), Источник питания АТН-1165 (1), КАРАЛТНРЦОГР ТВ-4805 (1), Лабораторный комплекс для исслед. вольт.-фарадных характеристик (1), Лабораторный комплекс для исслед. однок. и многокоп.проводниковых материалов (1), Лабораторный комплекс для исслед. фотоэлектрич.свойств материалов и полупровд.пр (1), Осцилограф | Microsoft Windows Enterprise, Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач |

| | | |
|--|---|--|
| | цифровой ADS-2061M (1), Установка ФПК-06"Изучение р-п перехода" (1), Установка ФПК- 07"Изучение температ.зависим. электропроводности металлов и п/проводн, (1), ХАРАКТЕРИОГРАФ ТР (1), Комплект учебной мебели (1) | |
|--|---|--|

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

| Уровень сформированности элементов компетенции | Критерии оценивания | Шкала оценивания |
|--|---|-------------------|
| Пороговый уровень | Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий. | удовлетворительно |
| Продвинутый уровень | Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения | хорошо |
| Высокий уровень | Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ | отлично |

7.1. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. Решите задачу

длина прута при температуре 20 градусов составляла 1 м

температурный коэффициент расширения для прута составляет 1мм/градус кельвина

какой длинный станет прут при температуре 120 градусов

ответ запишите числом, выраженным в метрах с точностью до 1 знака после запятой (например 0,8)

Варианты тестовых заданий с вариантами ответов:

1. Какие примесные уровни в полупроводниках называются глубокими?

а. акцепторный

б. донорный.

в. лежащие вблизи уровня Ферми

г. уровень проводимости

2. Какой полупроводник называется донорным?

а. легированный элементами с большим количеством валентных электронов

б. легированный элементами с меньшим количеством валентных электронов

в. монокристаллический полупроводник

г. с шириной запрещенной зоны менее 0,1 эВ.

Варианты тестовых заданий с открытым ответом:

1. Запишите цифрой сколько электронов будет находиться в запрещенной зоне при объединении двух атомов кремния с электронами в кристалл $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

2. Способность носителя заряда приобретать скорость под действием электрического поля называется (ответ напишите в ед числе им. падежа)

1. Решите задачу

длина прута при температуре 20 градусов составляла 1 м

температурный коэффициент расширения для прута составляет 1мм/градус кельвина

какой длинный станет прут при температуре 120 градусов

ответ запишите числом, выраженным в метрах с точностью до 1 знака после запятой (например 0,8)

Варианты тестовых заданий с вариантами ответов:

1. Какие примесные уровни в полупроводниках называются глубокими?

а. акцепторный

б. донорный.

в. лежащие вблизи уровня Ферми

г. уровень проводимости

2. Какой полупроводник называется донорным?

- а. легированный элементами с большим количеством валентных электронов
- б. легированный элементами с меньшим количеством валентных электронов
- в. монокристаллический полупроводник
- г. с шириной запрещенной зоны менее 0,1 эВ.

Варианты тестовых заданий с открытым ответом:

1. Запишите цифрой сколько электронов будет находиться в запрещенной зоне при объединении двух атомов кремния с электронами в кристалл $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

2. Способность носителя заряда приобретать скорость под действием электрического поля называется (ответ напишите в ед числе им. падежа)

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Уравнение Шредингера. Волновая функция
2. Свободный электрон
3. Электрон в потенциальной яме
4. Туннельный эффект
5. Водородоподобный атом
6. Функция Ферми-Дирака
7. Функция Бозе-Эйнштейна и Максвелла-Больцмана
8. Решетки Бравэ
9. Структура и свойства тонких пленок
10. Жидкие кристаллы
11. Зонная структура твердых тел
12. Дефекты в кристаллах
13. Примесные уровни в полупроводниках
14. Концентрация носителей и уровень Ферми в собственных полупроводниках
15. Концентрация носителей и уровень Ферми в примесных полупроводниках
16. Проводимость и подвижность носителей
17. Проводимость металлов и сплавов
18. Проводимость полупроводников
19. Равновесные и неравновесные носители
20. Уравнение непрерывности
21. Фоторезистивный эффект
22. Фотовольтаический эффект

23. Эффект Ганна
24. Контакт металл-полупроводник
25. Р-п переход. Равновесное состояние. Диоды
26. Р-п переход. Прямое включение
27. Р-п переход. Обратное включение. Пробой
28. Приборы на двух р-п переходах
29. Приборы на трех р-п переходах
30. Эффект Пельтье
31. Эффект Зеебека
32. Эффект поля. Полевые транзисторы
33. Излучательные и безизлучательные процессы в полупроводниках. Полупроводниковые светодиоды, их особенности и характеристики.
34. Усиление и генерация электромагнитного излучения. Излучательные и безизлучательные процессы в полупроводниках. Полупроводниковые светодиоды, их особенности и характеристики.
35. Усиление и генерация электромагнитного излучения.
36. Принцип работы мазеров и лазеров; инверсия населенностей.
37. Приборы оптического диапазона: газовые лазеры, их особенности и характеристики.
38. Газоразрядные лазеры на смеси гелия и неона; молекулярные лазеры; газодинамические лазеры; эксимерные лазеры.
39. Полупроводниковые лазеры. Активные материалы инжекционных лазеров. ограничения. Гетеролазеры.
40. Лазеры с раздельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры на квантовых ямах и квантовых точках.
41. Приемники оптического излучения, их классификация и технические характеристики.
42. Полупроводниковые фотоприемники: фоторезисторы, фотодиоды, р-і-п-фотодиоды и лавинные фотодиоды, солнечные фотоэлементы.
43. Особенности оптической электроники. Терминология, основные понятия и определения.
44. Физические основы квантовой и оптической электроники: энергетические состояния квантовых систем.
45. Оптоэлектронные пары, оптроны.
46. Логические элементы на оптоэлектронных парах.
47. Основная тенденция развития электроники. Микроминиатюризация и интеграция.
48. Полупроводниковые приборы микроэлектроники.
49. Физические и технологические ограничения микроэлектроники.

50. Функциональная электроника. Перспективные направления развития.
51. Определение понятий: вакуум, ионизованный газ и плазма, газовый разряд.
52. Элементарные процессы при взаимодействии электронов, атомных частиц и ионов.
53. Модели для описания потоков заряженных частиц и плазмы.
54. Основы эмиссионной электроники: термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная,
55. Вторичная электронная, вторичная ионно-электронная, фотоэлектронная электроника.
56. Вторичная ионно-ионная электроника, ионное распыление; эмиссионные свойства плазмы.
57. Формирование потоков заряженных частиц (ПЗЧ) различной интенсивности: электронные и ионные прожекторы и пушки.
58. Транспортировка потоков заряженных частиц: методы управления поперечным сечением, интенсивностью, вектором и модулем скорости.
59. Электростатические, магнитные и плазмооптические системы, динамические способы управления; ускорение ионных потоков в плазме.
60. Методы генерации плазмы, типы и основные характеристики газовых разрядов, общие свойства плазмы.
61. Диагностика потоков заряженных частиц и плазмы.
62. Применение потоков заряженных частиц в электронике.
63. Применение плазмы и газовых разрядов в электронике.