

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
“ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**Аннотации рабочих программ**

Направление подготовки  
**11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Профиль подготовки  
Интегральная электроника и наноэлектроника

Квалификация - бакалавр

Форма обучения - очная

## Аннотации рабочих программ учебных курсов, дисциплин

### **Б1.Б.1 История**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины.**

Целью дисциплины «История» является: изучение целостного курса истории совместно с другими дисциплинами цикла; формирование у студентов современного мировоззрения; освоение ими современного стиля мышления.

В ходе изучения дисциплины «История» обучающиеся должны:

*знать* основные закономерности исторического процесса, этапы исторического развития России, место и роль России в истории человечества и в современном мире;

*уметь* анализировать и оценивать социальную информацию; планировать и осуществлять свою деятельность с учетом этого анализа;

*владеть*: навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, практического анализа логики различного рода рассуждений,

а также иметь представление о сущности, форме и функции исторического знания; овладеть элементами исторического анализа; *знать*: понятийный аппарат исторической науки, основные методы исследования истории; сущность, содержание, особенности развития отечественной истории; основной спектр концепций исторического развития, точек зрения по частным историческим проблемам; *уметь*: самостоятельно анализировать исторические факты; применять принципы историзма объективности в анализе исторического материала; применять полученные знания и умения при анализе современных социально-экономических и социально-политических проблем современного этапа развития отечественной истории; иметь навыки работы с историческими источниками.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП.**

Дисциплина «История» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины.**

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением следующих разделов: Сущность, формы, функции исторического знания. Методы и источники изучения истории. Понятие и классификация исторического источника. Отечественная историография в прошлом и настоящем: общее и особенное. Методология и теория исторической науки. История России – неотъемлемая часть всемирной истории. Античное наследие в эпоху Великого переселения народов. Проблема этногенеза восточных славян. Основные этапы становления государственности. Древняя Русь и кочевники. Византийско-древнерусские связи. Особенности социального строя Древней Руси. Этнокультурные и социально-политические процессы становления русской государственности. Принятие христианства. Распространение ислама. Эволюция восточнославянской государственности в XI-XII вв. Социально-политические изменения в русских землях в XIII-XV вв. Русь и Орда: проблемы взаимовлияния. Россия и средневековые государства Европы и Азии. Специфика формирования единого российского государства. Возвышение Москвы. Формирование сословной системы организации общества. Реформы Петра 1. Век Екатерины. Предпосылки и особенности складывания российского абсолютизма. Дискуссии о генезисе самодержавия. Особенности и основные этапы экономического развития России. Эволюция форм собственности на землю. Структура феодального землевладения. Крепостное право в России. Мануфак-

турно-промышленное производство. Становление индустриального общества в России: общее и особенное. Общественная мысль и особенности общественного движения России XIX в. Реформы и реформаторы в России. Русская культура XIX века и ее вклад в мировую культуру. Роль XX столетия в мировой истории. Глобализация общественных процессов. Проблема экономического роста и модернизации. Революции и реформы. Социальная трансформация общества. Столкновение тенденций интернационализма и национализма, интеграции и сепаратизма, демократии и авторитаризма. Россия в начале XX в. Объективная потребность индустриальной модернизации России. Российские реформы в контексте общемирового развития в начале века. Политические партии России: генезис, классификация, программы, тактика. Россия в условиях мировой войны и общенационального кризиса. Революция 1917г. Гражданская война и интервенция, их результаты и последствия. Российская эмиграция. Социально-экономическое развитие страны в 20-е гг. НЭП. Формирование однопартийного политического режима. Образование СССР. Культурная жизнь страны в 20-е гг. Внешняя политика. Курс на строительство социализма в одной стране и его последствия. Социально-экономические преобразования в 30-е гг. СССР накануне и в начальный период второй мировой войны. Великая Отечественная война. Социально-экономическое развитие, общественно-политическая жизнь, культура, внешняя политика СССР в послевоенные годы. Холодная война. Попытки осуществления политических и экономических реформ. НТР и ее влияние на ход общественного развития. СССР в середине 60-80-х гг. Советский Союз в 1985-1991 гг. Перестройка. Попытка государственного переворота 1991 г. и ее провал. Распад СССР. Беловежские соглашения. Октябрьские события 1993 г. Становление новой российской государственности (1993-1999 гг.). Россия на пути радикальной социально-экономической модернизации. Культура в современной России. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен.

**Коды формируемых компетенций:** ОК-2

### **Б1.Б.2 Философия**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель изучения дисциплины «Философия» - способствование формированию у студентов целостного, системного представления о мире и месте человека в нем, воспитание способности и потребности к философской рефлексии, философской оценке явлений и процессов действительности, усвоение представлений о сложности бытия, раскрытие его многоуровневности и многообразия.

В ходе изучения дисциплины «Философия» студенты должны:

*знать* основные разделы и направления философии, методы и приемы философского анализа проблем;

*уметь* анализировать и оценивать социальную информацию; планировать и осуществлять свою деятельность с учетом этого анализа;

*владеть:* навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, практического анализа логики различного рода рассуждений

Задачи изучения дисциплины:

- 1) познакомить студентов с проблемами, идеями и концепциями, выработанными в процессе исторического развития философской мысли;
- 2) раскрыть специфику философского мировоззрения, понимания ценности и пользы философского взгляда на жизнь;

- 3) способствовать развитию самопознания, понимания своих индивидуальных особенностей, соответствующих потребностей и возможностей их реализации;
- 4) выработка у студентов потребности в самосовершенствовании, помощь им в определении путей и способов достижения вершин в своей личной и профессиональной деятельности;
- 5) развитие у студентов творческого мышления, одним из важнейших моментов которого является способность проблемного видения постигаемых реалий мира;
- 6) формирование у студента физического факультета представлений о единстве и многообразии окружающего мира, о связи физического и химического, химического и биологического уровней реальности на базе философского осмысления проблемы бытия;
- 7) знакомство студентов физического факультета с основными формами организации научного знания, закономерностями научного познания, раскрытие принципов системности, эволюционизма и самоорганизации, составляющих ядро современной научной картины мира;
- 8) развитие умений логично формулировать, излагать и аргументировано отстаивать собственное видение рассматриваемых проблем;
- 9) содействовать овладению приемами ведения дискуссии, полемики, диалога в области философских и общенаучных проблем.

### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Философия» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Курс философии состоит из двух частей: исторической и теоретической. В ходе освоения историко-философского раздела студенты знакомятся с процессом смены типов познания в истории человечества, обусловленных спецификой цивилизации и культуры отдельных регионов, стран и исторических эпох. Теоретический раздел курса включает в себя основные проблемы бытия и познания, рассматриваемые как в рефлексивном, так и в ценностном планах. Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением следующих разделов:

Предмет философии. Место и роль философии в культуре. Становление философии. Основные направления, школы философии и этапы ее исторического развития. Структура философского знания. Учение о бытии. Монистические и плюралистические концепции бытия, самоорганизация бытия. Понятия материального и идеального. Пространство, время. Движение и развитие, диалектика. Детерминизм и индетерминизм. Динамические и статистические закономерности. Научные, философские и религиозные картины мира. Человек, общество, культура. Человек и природа. Общество и его структура. Гражданское общество и государство. Человек в системе социальных связей. Человек и исторический процесс; личность и массы, свобода и необходимость. Формационная и цивилизационная концепции общественного развития. Смысл человеческого бытия. Насилие и ненасилие. Свобода и ответственность. Мораль, справедливость, право. Нравственные ценности. Представления о совершенном человеке в различных культурах. Эстетические ценности и их роль в человеческой жизни. Религиозные ценности и свобода совести. Сознание и познание. Сознание, самосознание и личность. Познание, творчество, практика. Вера и знание. Понимание и объяснение. Рациональное и иррациональное в познавательной деятельности. Проблема истины. Действительность, мышление, логика и язык. Научное и вненаучное знание. Критерии научности. Структура научного познания, его методы и формы. Рост научного знания. Научные революции и смены типов рациональности. Наука и техника. Будущее чело-

вещества. Глобальные проблемы современности. Взаимодействие цивилизаций и сценарии будущего.

**Форма промежуточной аттестации экзамен.**

**Коды формируемых (сформированных) компетенций: ОК-1**

### **Б1.Б.3 Экономика**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Изучение дисциплины "Экономика" имеет своей целью обеспечить подготовку высококвалифицированных бакалавров, обладающих необходимыми знаниями в области экономической теории, позволяющими разбираться и ориентироваться в происходящих экономических процессах и явлениях, в том числе связанных с их будущей профессиональной деятельностью.

В ходе изучения дисциплины «Экономика» студенты должны:  
*знать* основы экономики и организации производства, систем управления предприятиями; основы трудового законодательства;  
*уметь* применять современные экономические методы, способствующие повышению эффективности использования ресурсов для обеспечения научных исследований и промышленного производства;  
*владеть*: навыками критического восприятия информации.

Для реализации данной цели ставятся следующие задачи:

- изучить базовые экономические категории;
- раскрыть содержание экономических отношений и законов экономического развития;
- изучить экономические системы, основные микро- и макроэкономические проблемы, рынок, рыночный спрос и рыночное предложение;
- усвоить принцип рационального экономического поведения хозяйствующих субъектов в условиях рынка;
- уяснить суть основных аспектов функционирования мировой экономики.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Экономика» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Экономические и правовые основы функционирования предприятия. Статус предприятия, его задачи и функции. Внешняя и внутренняя среда предприятия, его рыночная ориентация.

Классификация предприятий. Порядок создания, реорганизации и ликвидации предприятия. Устав предприятия. Организационно-правовые формы предприятий.

Имущество предприятия, источники его формирования.

Основной и оборотный капитал предприятия. Классификация основных средств, их структура. Учет и оценка основных средств предприятия. Износ и воспроизводство основных средств. Амортизация основных средств, методы начисления. Показатели и анализ использования основных средств предприятия. Производственная мощность предприятия, оценка эффективности ее использования.

Инвестиции и инновации на предприятии. Оценка стоимости предприятия. Состав и структура основных средств. Источники образования оборотного капитала. Определение потребности предприятия в оборотном капитале. Развитие договорных отноше-

ний. Показатели использования оборотных средств. Повышение эффективности использования оборотных средств.

Общее определение издержек производства. Виды издержек на предприятии. Пределы и «вмененные» издержки. Формирование издержек производства. Классификация затрат по экономическим элементам и статьям калькуляции. Планирование себестоимости продукции, показатели, методы расчетов. Резервы и пути снижения себестоимости продукции.

Экономическое содержание и функции цен. Виды цен, их структура. Механизм рыночного ценообразования. Ценовая эластичность. Методы определения цен. Ценовая конкуренция.

Объем продаж и положение предприятия на рынке. Доход предприятия, его определение и виды. Средства накопления и потребления предприятия. Прибыль предприятия, виды. Рентабельность производства. Уровень экономического успеха. Экономический крах. Финансовые ресурсы предприятия, источники их формирования. Кредитование предприятий, основные принципы и формы. Ценные бумаги предприятий. Операции с ними.

Комплексная оценка эффективности решений. Методы оценки инвестиционных проектов. Оценка рисков при обосновании решений. Особенности определения эффективности инвестиций в технологию, автоматизацию производства и дизайнерские проекты.

Предприятия как самостоятельная производственная система, ее особенности, сущность функционирования. Характеристика комплекса функциональных подсистем организации производства. Общая и производственная структура предприятия. Производственный процесс, его структура. Основные принципы организации производственных процессов. Формы специализации цехов, участков. Особенности организации производственных процессов на различных предприятиях. Комплексная автоматизация производства.

Содержание и задачи оперативного управления производством. Календарно-плановые нормативы. Системы оперативного планирования производства.

**Форма промежуточной аттестации экзамен.**

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОК-3, ПК-4

### **Б1.Б.4 Правоведение**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью дисциплины «Правоведение» является: изучение первичных основ и представлений об основных категориях права; действующей системы норм, правил по различным отраслям знаний, законов, иных правовых источников.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Правоведение» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением следующих разделов: Государство и право. Их роль в жизни общества. Норма права и нормативно-правовые акты. Основные правовые системы современности. Международное право как особая система права. Источники российского права. Закон и подзаконные акты. Система российского права. Отрасли права. Правонарушение и юриди-

ческая ответственность. Значение законности и правопорядка в современном обществе. Правовое государство. Конституция Российской Федерации - основной закон государства. Особенности федеративного устройства России. Система органов государственной власти в Российской Федерации. Понятие гражданского правоотношения. Физические и юридические лица. Право собственности. Обязательства в гражданском праве и ответственность за их нарушение. Наследственное право. Брачно-семейные отношения. Взаимные права и обязанности супругов, родителей и детей. Ответственность по семейному праву. Трудовой договор (контракт). Трудовая дисциплина и ответственность за ее нарушение. Административные правонарушения и административная ответственность. Понятие преступления. Уголовная ответственность за совершение преступлений. Экологическое право. Особенности правового регулирования будущей профессиональной деятельности. Правовые основы защиты государственной тайны. Законодательные и нормативно-правовые акты в области защиты информации и государственной тайны.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций ОК-4, ОПК-8**

### **Б1.Б.5 Иностранный язык**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель дисциплины – формирование произносительных навыков и умений, а также формирование умений построения простых и сложных иностранных предложений; ознакомление с лексическими и грамматическими особенностями иностранного языка; овладение специальной лексикой (1500 л.е.); совершенствование навыков и умений чтения оригинальных текстов; развитие монологической и диалогической речи, связанной с профессиональной деятельностью на базе специальной лексики; развитие умений реферирования и аннотирования статей по специальности.

В ходе изучения дисциплины «Иностранный язык» студенты должны:

*знать* лексический минимум в объеме 4000 учебных лексических единиц общего и терминологического характера;

*владеть*: иностранным языком в объеме, необходимом для возможности получения информации из зарубежных источников.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Иностранный язык» является частью базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением следующих разделов:

Специфика артикуляции звуков, интонации, акцентуации и ритма нейтральной речи в изучаемом языке; основные особенности полного стиля произношения, характерные для сферы профессиональной коммуникации; чтение транскрипции. Лексический минимум в объеме 4000 учебных лексических единиц общего и терминологического характера. Понятие дифференциации лексики по сферам применения (бытовая, терминологическая, общенаучная, официальная и другая). Понятие о свободных и устойчивых словосочетаниях, фразеологических единицах. Понятие об основных спо-

собах словообразования. Грамматические навыки, обеспечивающие коммуникацию без искажения смысла при письменном и устном общении общего характера; основные грамматические явления, характерные для профессиональной речи. Понятие об обиходно-литературном, официально-деловом, научном стилях, стиле художественной литературы. Основные особенности научного стиля. Культура и традиции стран изучаемого языка, правила речевого этикета. Говорение. Диалогическая и монологическая речь с использованием наиболее употребительных и относительно простых лексико-грамматических средств в основных коммуникативных ситуациях неофициального и официального общения. Основы публичной речи (устное сообщение, доклад). Аудирование. Понимание диалогической и монологической речи в сфере бытовой и профессиональной коммуникации. Чтение. Виды текстов: несложные прагматические тексты и тексты по широкому и узкому профилю специальности. Письмо. Виды речевых произведений: аннотация, реферат, тезисы, сообщения, частное письмо, деловое письмо, биография.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет (1, 2 семестры), экзамен (3 семестр)

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОК-5

### **Б1.Б.6 Социология**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью дисциплины «Социология» является: сформировать у обучающихся систему теоретических знаний об обществе, знание основных парадигм и навыков анализа социальной реальности.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Социология» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением следующих разделов:

Предыстория и социально-философские предпосылки социологии как науки. Социологический проект О. Конта. Классические социологические теории. Современные социологические теории. Русская социологическая мысль. Общество и социальные институты, мировая система и процессы глобализации. Социальные группы и общности. Виды общностей. Общность и личность. Малые группы и коллективы. Социальная организация. Социальные движения. Социальное неравенство, стратификация и социальная мобильность. Понятие социального статуса. Социальное взаимодействие и социальные отношения. Общественное мнение как институт гражданского общества. Культура как фактор социальных изменений. Взаимодействие экономики, социальных отношений и культуры. Личность как социальный тип. Социальный контроль и девиация. Личность как деятельный субъект. Социальные изменения. Социальные революции и реформы. Концепция социального прогресса. Формирование мировой системы. Место России в мировом сообществе. Методы социологического исследования.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОК-6



### **Б1.Б.7 Русский язык и культура речи**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины.**

Цель изучения курса «Русский язык и культура речи» – формирование личности, владеющей теоретическими знаниями о структуре русского языка и особенностях его функционирования, обладающей устойчивыми навыками порождения высказывания в соответствии с коммуникативным, нормативным и этическим аспектами культуры речи, то есть способной к реализации в речевой деятельности своего личностного потенциала.

В связи с этим учебная дисциплина «Русский язык и культура речи» должна решать следующие задачи: познакомить с системой норм русского литературного языка на фонетическом, лексическом, словообразовательном, грамматическом уровне; дать теоретические знания в области нормативного и целенаправленного употребления языковых средств в деловом и научном общении; сформировать практические навыки и умения в области составления и продуцирования различных типов текстов, предотвращения и корректировки возможных языковых и речевых ошибок, адаптации текстов для устного или письменного изложения; сформировать умения, развить навыки общения в различных ситуациях общения; сформировать у обучающихся сознательное отношение к своей и чужой устной и письменной речи на основе изучения её коммуникативных качеств.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Русский язык и культура речи» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

1. Основные понятия культуры речи. Культура речи как научно-учебная дисциплина. Язык и речь. Язык как знаковая система. Функции языка. Соотношение понятий язык и речь: взаимообусловленность и взаимовлияние. Языковые единицы и уровни языковой системы. Речь как форма реализации языка. Проблемы культуры коммуникации: асимметрия между культурой общения и культурой речи. Типы речевой культуры носителей языка: элитарный, средне-литературный, литературно-разговорный, фамильярно-разговорный. Формы речи: специфика устной и письменной речи, классификационные признаки, характерные черты, языковые особенности.

2. Языковая норма. Динамичность развития языка и изменчивость норм. Типы норм (орфоэпические, лексические, грамматические, орфографические, пунктуационные и др.). Типы нормативных словарей и принципы работы с ними. Значимость нормативного аспекта для речевой коммуникации. Современное речевое пространство. Норма и дискурс, норма и узус. Разговорная речь и норма. Асимметрия между разговорной речью и литературной нормой в сфере речевой коммуникации.

3. Стилистика. Функциональные стили современного русского языка. Взаимодействие функциональных стилей. Характеристика стилей: сфера функционирования; лексические, словообразовательные, морфологические, синтаксические особенности; жанры; особенности организации текстов. Специфика использования элементов различных языковых уровней в научной речи. Разговорная речь в системе функциональных разновидностей русского литературного языка. Условия функционирования разговорной речи, роль внеязыковых факторов.

4. Риторика и деловой язык. Особенности устной публичной речи. Оратор и его аудитория. Основные виды аргументов. Подготовка речи: выбор темы, цель речи, поиск материала, начало, развертывание и завершение речи. Речевые тактики в речевой коммуникации. Формы устного делового общения. Речевое манипулирование. Речевой

этикет. Специфика русского речевого этикета: тактичность, предупредительность, открытость, толерантность, участие. Техника реализации этикетных форм: приветствие (обращение), завязка, развитие, кульминация, развязка. Обстановка общения и этикетные формулы. Виды письменной деловой коммуникации. Организационно-распорядительная документация как разновидность письменной деловой речи. Языковые формулы официальных документов. Язык и стиль распорядительных документов, коммерческой корреспонденции, инструктивно-методических документов.

**Форма промежуточной аттестации:** дифференцированный зачёт

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОК-5

### **Б1.Б.8.1 Математический анализ**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** изучение дифференциального и интегрального исчисления функции одной вещественной переменной, лежащего в основе всех физических и математических курсов. Изучение определенного интеграла, который представляет собой важный вопрос курса математического анализа на физическом факультете и имеет приложения в большинстве математических и физических дисциплин. Изучение дифференциального исчисления функций нескольких переменных. Изучение кратных и криволинейных интегралов. Числовые ряды, сходимость, абсолютная и условная сходимость, функциональные ряды, степенной ряд, радиус сходимости степенного ряда, ряд Фурье, интеграл Фурье.

В результате изучения базовой части цикла студент должен:

- *знать* основные понятия и методы математического анализа;
- *уметь* применять математические методы для решения практических задач;
- *владеть* методами интегрального и дифференциального исчисления.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина «Математический анализ» относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

#### **1. Предмет математики. Введение в анализ**

Предмет математики. Связь с другими науками. Историческая справка.

Понятие множества. Операции с множествами. Общее определение функции. Область определения и область изменения. Функция действительного переменного. Способы задания функции. Определение графика функции. Графики элементарных функций (прямая, парабола, кубическая парабола, окружность, гипербола, показательная и логарифмическая функции, тригонометрические функции). Обратные тригонометрические функции и их свойства. Преобразование графиков. Построение графиков с помощью цепочки преобразований. Действия с графиками. График сложной функции. График функции, заданной параметрически. Полярные координаты.

#### **2. Пределы последовательности и функции**

Понятие последовательности действительных чисел. Предел последовательности. Геометрический смысл предела последовательности. Теорема о единственности предела. Ограниченность сходящейся последовательности. Предельные переходы в равенствах и неравенствах. Монотонные последовательности. Подпоследовательность, частичные пределы, верхний и нижний пределы последовательности действительных

чисел. Лемма о вложенных промежутках. Теорема Больцано-Вейерштрасса. Критерий Коши сходимости последовательности.

Предел функции действительного переменного по Коши и по Гейне. Геометрический смысл предела функции действительного переменного. Арифметические операции над функциями, имеющими предел. Односторонние пределы. Классификация бесконечно малых и бесконечно больших величин. Эквивалентные бесконечно малые и бесконечно большие величины. Первый и второй замечательные пределы.

### **3. Непрерывность функции**

Непрерывность функции действительного переменного. Арифметические действия с непрерывными функциями. Непрерывность сложной функции. Односторонняя непрерывность. Теорема о существовании и непрерывности обратной функции. Сохранение знака непрерывной функции. Равномерная непрерывность. Теорема Кантора. Классификация точек разрыва.

### **4. Дифференциальное исчисление функций одной переменной.**

Производные и односторонние производные, бесконечные производные. Геометрический и физический смысл производной. Правила дифференцирования и таблица производных. Дифференциал и его геометрический смысл. Производная сложной функции. Производные и дифференциалы высших порядков. Формула Лейбница. Инвариантность формы первого и неинвариантность формы высших дифференциалов. Параметрически заданные функции и их дифференцирование. Основные теоремы дифференциального исчисления Ролля, Лагранжа, Коши. Правило Лопиталя раскрытия неопределенностей. Формула Тейлора и ее связь с задачей приближенного вычисления значений функции. Признаки монотонности. Экстремумы и правила их нахождения. Выпуклость, вогнутость и точки перегиба. Асимптоты. Применение дифференциального исчисления к исследованию функций и построению графиков.

### **5. Интегральное исчисление функций одной переменной.**

Понятие первообразной и неопределенного интеграла. Свойства неопределенного интеграла. Таблица неопределенных интегралов. Техника интегрирования (непосредственное интегрирование с помощью таблиц, метод разложения, замена переменной, интегрирование по частям, приведение квадратного трехчлена к каноническому виду). Примеры. Разложение многочлена с действительными коэффициентами на множители. Представление правильной рациональной дроби в виде суммы простейших рациональных дробей. Интегрирование простейших дробей. Интегрирование рациональных функций. Сведение интегралов от иррациональных и тригонометрических функций к интегрированию рациональных функций.

Определенный интеграл. Условие существования определенного интеграла. Классы интегрируемых функций. Свойства определенного интеграла. Интеграл как функция верхнего предела. Формула Ньютона-Лейбница. Теорема о среднем. Приложение определенного интеграла к вычислению площадей плоских фигур, площадей поверхности тел вращения и некоторых объемов. Параметрически заданные кривые. Длина дуги кривой.

### **6. Функции многих переменных**

Основные понятия на плоскости (расстояние между точками, окрестность точки, внутренняя точка, изолированная точка, граничная точка, открытое множество, связное и несвязное множества, область, замкнутая область, ограниченное множество). Аналогия с пространством. Предел последовательности векторов. Теорема о покоординатной сходимости. Пределы и непрерывность. Двойные и повторные пределы. Примеры. Непрерывность по совокупности переменных и по отдельной переменной. Дифференциальное исчисление функций многих переменных. Частные производные. Дифференцируемость функции многих переменных. Необходимые условия дифференцируемости. Достаточные условия дифференцируемости функции многих переменных. Теоремы о взаимосвязи между дифференцируемостью, непрерывностью и существованием

частных производных функции многих переменных. Производная сложной функции. Дифференциал функции многих переменных. Производная по направлению. Градиент. Связь производной по направлению с градиентом. Условие возрастания (убывания) функции в точке. Производные и дифференциалы высших порядков. Равенство смешанных производных. Исследование функций многих переменных, условие постоянства, условие монотонности в указанном направлении. Формула Тейлора. Экстремум. Неявные функции. Теоремы о существовании неявной функции. Функциональные определители. Существование системы неявных функций. Взаимнооднозначное отображение двух множеств векторного пространства. Условный экстремум. Правило множителей Лагранжа. Примеры.

### **7. Кратные интегралы.**

Кратные интегралы. Площадь многоугольной фигуры. Мера Жордана. Измеримые множества. Необходимое и достаточное условие измеримости множества на плоскости. Свойства меры Жордана. Определение двойного интеграла. Суммы Дарбу и их свойства. Критерий существования двойного интеграла. Классы интегрируемых функций. Свойства двойного интеграла. Приведение двойного интеграла к повторному. Криволинейные координаты на плоскости. Полярные и эллиптические координаты. Замена переменных в двойном интеграле. Тройной интеграл. Сведение тройного интеграла к повторному. Замена переменных в тройном интеграле. Сферические и цилиндрические координаты.

### **8. Криволинейные и поверхностные интегралы**

Определение криволинейных интегралов. Основные формулы вычисления криволинейных интегралов. Определения поверхностных интегралов первого и второго рода. Вычисление поверхностных интегралов. Математические и физические приложения криволинейных и поверхностных интегралов.

### **9. Ряды. Числовые, функциональные и степенные ряды**

Числовые ряды. Сходящиеся и расходящиеся ряды. Критерий Коши сходимости числового ряда. Необходимое условие сходимости. Достаточные признаки сходимости: мажорантный и предельный признаки сравнения, Даламбера, Коши, Дирихле, Абеля. Абсолютная и условная сходимость. Умножение рядов. Перестановка членов ряда. Функциональные последовательности и ряды функций. Поточечная и равномерная сходимость. Признаки равномерной сходимости (критерий Коши, мажорантный признак для последовательности, мажорантный признак Вейерштрасса для ряда). Равномерная сходимость и непрерывность, равномерная сходимость и интегрирование, равномерная сходимость и дифференцирование. Степенной ряд. Радиус сходимости. Дифференцирование и интегрирование степенного ряда. Ряд Тейлора.

### **10. Несобственные интегралы, интегралы, зависящие от параметра**

Определение несобственных интегралов первого типа. Определение несобственных интегралов второго типа. Эталонные интегралы. Свойства сходящихся интегралов. Критерий Коши сходимости несобственных интегралов. Достаточные признаки сходимости несобственных интегралов. Мажорантный признак сравнения. Предельный признак сравнения. Абсолютная и условная сходимость несобственных интегралов. Признак Абеля. Признак Дирихле. Расширение методов интегрирования на несобственные интегралы. Замена переменных. Интегрирование по частям. Главное значение несобственного интеграла. Интегралы, зависящие от параметра. Непрерывность по параметру. Дифференцирование и интегрирование по параметру. Несобственные интегралы от параметра.

### **11. Ряд и интеграл Фурье**

Постановка задачи. Пространство со скалярным произведением. Нормированное пространство. Сходимость в среднем. Гильбертово пространство. Скалярное произведение и норма функции. Поточечная, равномерная сходимость и сходимость в среднем последовательностей и рядов. Ортогональные и ортонормированные элементы про-

странства со скалярным произведением. Обобщенный ряд Фурье. Свойства остатка ряда Фурье. Неравенство Бесселя. Условие сходимости ряда Фурье. Равенство Парсевала. Замкнутые и полные ортонормальные системы элементов в пространстве со скалярным произведением. Теоремы о связи между замкнутой и полной системой. Ряд Фурье по ортогональной и ортонормированной системам функций. Неравенство Бесселя и равенство Парсевала для этих рядов. Тригонометрический ряд Фурье. Разложение четной и нечетной функции в тригонометрический ряд Фурье. Комплексная форма ряда Фурье. Точечная и равномерная сходимость тригонометрического ряда Фурье. Полнота тригонометрической системы функций. Двойные и тройные ряды Фурье.

Интеграл Фурье как предельный случай ряда Фурье. Достаточные признаки сходимости интеграла Фурье. Представление функции интегралом Фурье. Представление четной и нечетной функции интегралом Фурье. Комплексное прямое и обратное преобразования Фурье. Синус и косинус преобразования Фурье.

### **12. Элементы теории обобщенных функций**

Класс основных (пробных) функций. Функциональное определение обобщенной функции. Регулярные и сингулярные обобщенные функции. Дельта функция. Действия с обобщенными функциями. Секвенциальный подход к определению обобщенной функции.

**Формы текущей аттестации:** коллоквиум, контрольная работа.

**Форма промежуточной аттестации:** дифференцированные зачеты (1,2 семестры), экзамен (3 семестр).

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1, 2

### **Б1.Б.8.2 Аналитическая геометрия**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

изучение методов аналитической геометрии для решения задач евклидовой геометрии на плоскости и в пространстве, изучение метода координат, векторной алгебры, различных форм уравнений прямой линии на плоскости и в пространстве, уравнения плоскости, кривых и поверхностей второго порядка. Основными задачами учебной дисциплины являются: формирование у обучающихся знаний об основах аналитической геометрии и векторной алгебры, приобретение студентами навыков и умений по решению геометрических задач и использованию векторной алгебры, необходимых в курсах математического анализа в разделе «Кратные и криволинейные интегралы», в курсе «Векторный и тензорный анализ», «Электродинамика».

В результате изучения базовой части цикла студент должен:

- *знать* основные понятия и методы аналитической геометрии;
- *уметь* применять методы аналитической геометрии для решения практических задач;
- *владеть* методами аналитической геометрии.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Аналитическая геометрия» относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

## **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

### **Раздел 1. Векторная алгебра.**

Понятие вектора. Линейные операции над векторами. Линейная зависимость системы векторов. Геометрический смысл линейной зависимости. Базисы на плоскости и в пространстве, разложение вектора по базису. Проекция вектора на ось. Ортонормированные базисы, их особенность. Направляющие косинусы вектора. Скалярное, векторное, смешанное и двойное векторное произведения, их свойства, выражение через координаты сомножителей. Условие ортогональности, коллинеарности, компланарности векторов. Система координат, координаты точки, преобразование системы координат.

### **Раздел 2. Прямая и плоскость.**

Способы задания линий на плоскости, линий и поверхностей в пространстве. Алгебраические линии и поверхности. Прямая на плоскости. Различные формы уравнения прямой: общее, параметрическое, каноническое, с угловым коэффициентом, в отрезках, нормальное. Пучок прямых. Плоскость в пространстве. Различные формы уравнения плоскости: общее, в отрезках, нормальное. Пучок и связка плоскостей. Прямая в пространстве. Различные формы уравнения прямой: общее, параметрическое, каноническое. Переход от одного задания к другому. Взаимное расположение двух плоскостей, прямой и плоскости, двух прямых в пространстве. Основные задачи на тему «Прямая и плоскость»: расстояние от точки до плоскости и прямой, расстояние между прямыми, углы между прямыми и плоскостями, условие пересечения двух прямых и т.д.

### **Раздел 3. Кривые и поверхности 2-го порядка.**

Эллипс, гипербола, парабола, Определение, вывод канонического уравнения каждой из этих кривых, их свойства. Эксцентриситет и директрисы эллипса, гиперболы, параболы. Полярная система координат. Полярное уравнение эллипса, гиперболы, параболы. Общее уравнение кривой второго порядка. Приведение общего уравнения к каноническому виду с помощью поворота осей и переноса начала координат. Классификация кривых второго порядка. Поверхности второго порядка: эллипсоид, гиперболоиды, параболоиды, конусы и цилиндры, их канонические уравнения, свойства. Приведение уравнения поверхности второго порядка к каноническому виду.

**Формы текущей аттестации:** контрольная работа

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1,2,4

### **Б1.Б.8.3 Линейная алгебра**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** в широком понимании содержание курса линейной алгебры состоит в проработке математического языка для выражения одной из самых общих идей современного естествознания – идеи линейности. В процессе изучения курса линейной алгебры студенты изучают вопросы разрешимости и структуры решений систем линейных уравнений, осваивают абстрактные понятия линейного пространства, базиса, линейного оператора, билинейной и квадратичной формы, а также изучают конкретные примеры, дающие реализацию этих абстрактных понятий.

В результате изучения базовой части цикла студент должен:

- *знать* основные понятия и методы линейной алгебры;
- *уметь* применять методы линейной алгебры для решения практических задач;
- *владеть* методами линейной алгебры.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина «Линейная алгебра» относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

**Раздел 1. Матрицы и определители.**

Прямоугольные матрицы. Сумма матриц, произведение матрицы на число, умножение матриц. Свойства этих операций. Перестановки, инверсии, транспозиции, подстановки. Определитель квадратной матрицы, свойства определителя. Разложение определителя по элементам строки или столбца. Теорема Лапласа. Определитель произведения матриц. Обратная матрица, критерий обратимости, вычисление обратной матрицы.

**Раздел 2. Системы линейных уравнений.**

Ранг матрицы. Теорема о базисном миноре. Ранг произведения матриц. Элементарные преобразования строк матрицы и их применение к вычислению ранга матрицы. Системы линейных уравнений. Основные определения: частное и общее решения, совместные и несовместные системы, эквивалентность систем. Теорема Крамера. Критерий совместности систем линейных уравнений (теорема Кронекера - Капелли). Метод Гаусса решения систем линейных уравнений. Линейные однородные системы (ЛОС). Свойства решений. Фундаментальная система решений (ФСР). Теорема о ФСР. Структура общего решения ЛОС. Неоднородные системы (ЛНС). Структура общего решения ЛНС.

**Раздел 3. Линейные пространства.**

Аксиоматика линейного векторного пространства (ЛВП), примеры, свойства ЛВП. Линейная зависимость системы векторов в ЛВП. Базис и размерность ЛВП. Координаты вектора в данном базисе. Матрица перехода от одного базиса к другому, преобразование координат вектора при переходе к новому базису. Подпространство. Сумма и пересечение подпространств. Линейные оболочки и теоремы о размерности. Изоморфизм ЛВП. Евклидово пространство, определение и примеры. Неравенства Коши - Буняковского и треугольника. Общий вид скалярного произведения в конечномерном евклидовом пространстве. Ортогональность и ортонормированность системы векторов. Процесс ортогонализации системы векторов.

**Раздел 4. Линейные операторы.**

Определение линейного оператора. Примеры. Образ и ядро линейного оператора. Матрица линейного оператора в данном базисе. Преобразование матрицы оператора при переходе от одного базиса к другому. Действия с линейными операторами. Обратный оператор, его свойства. Критерий обратимости. Подпространства, инвариантные относительно оператора. Собственные векторы и собственные значения линейного оператора, их свойства. Характеристическое уравнение. Унитарный и самосопряженный операторы. Свойства собственных значений и векторов самосопряженного оператора. Существование ортонормированного базиса из собственных векторов самосопряженного оператора, нахождение его.

**Раздел 5. Квадратичные формы.**

Линейная, билинейная и квадратичная формы в ЛВП. Матрица квадратичной формы (КФ) и ее преобразование при переходе к новому базису. Ранг и индекс КФ. Теорема Лагранжа о приведении КФ к диагональному виду. Теорема Якоби. Закон инерции КФ. Критерий Сильвестра положительной определенности КФ.

**Формы текущей аттестации:** контрольная работа

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1,2,3

### **Б1.Б.8.4 Векторный и тензорный анализ**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Изучение взаимосвязи криволинейных, поверхностных и кратных интегралов, особенно формул Остроградского - Гаусса и Стокса, необходимо для изучения математической физики, электродинамики, квантовой механики и других физических курсов. Преобразование дифференциальных выражений с помощью набла - исчисления и замена переменных в дифференциальных операторах для криволинейных систем координат с помощью коэффициентов Ламэ являются основными техническими приемами при работе с уравнениями в частных производных. Методы тензорного исчисления применяются при изучении релятивистских теорий и для анализа сплошных сред.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Скалярные и векторные поля. Дифференциальные операторы. Правила набла-исчисления. Площадь поверхности. Поверхностные интегралы 1 и 2 рода. Формулы Остроградского-Гаусса и Стокса. Инвариантное определение дивергенции и ротора. Потенциальные и соленоидальные векторные поля. Коэффициенты Ламэ. Формулы для градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа в ортогональной системе координат. Двойственные базисы. Ковариантные и контравариантные координаты векторов. Общее определение тензоров произвольного порядка. Запись в тензорных обозначениях преобразований координат векторов, матриц линейных операторов и квадратичных форм. Тензоры деформаций, напряжений, относительных смещений.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1,2

### **Б1.Б.8.5 Теория функций комплексного переменного**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** изучение комплексных чисел, арифметических операций с комплексными числами и их геометрического смысла; изучение функций одного комплексного переменного и их основных свойств; изучение поведения функций комплексного переменного в многосвязных областях; развитие навыков вычисления производных и интегралов функции комплексного переменного; изучение основ операторного метода решения дифференциальных уравнений; изучение методов решения краевых задач электростатики и гидродинамики методом конформных отображений.

В результате изучения базовой части цикла студент должен:

- *знать* основные положения теории функций комплексного переменного ;
- *уметь* применять методы решений с применением функций комплексного переменного для практических задач;
- *владеть* методами теории функций комплексного переменного.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Теория функций комплексного переменного» относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.



### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Понятие комплексного числа, арифметические действия над комплексными числами, различные формы записи комплексного числа, модуль и аргумент комплексного числа, понятие бесконечно удаленной точки. Предел числовой последовательности на комплексной плоскости, его геометрическая интерпретация. Понятие области в комплексной плоскости, односвязные и многосвязные области. Понятие функции комплексного переменного, однозначные и многозначные функции, предел функции комплексного переменного, элементарные функции комплексного переменного. Отображения, осуществляемые функциями комплексного переменного. Понятие аналитичности функции комплексного переменного, свойства аналитических функций. Теорема Коши. Ряды Тейлора, сходимость рядов Тейлора, область сходимости ряда Тейлора. Теоремы Вейерштрасса и Абеля; признаки Даламбера и Коши сходимости ряда, радиус сходимости ряда. Производная функции комплексного переменного; теорема Коши-Римана, дифференцируемость аналитических функций. Понятие интеграла функции комплексного переменного, связь с криволинейными интегралами, интеграл по кривой в комплексной плоскости, теорема Коши для односвязной и многосвязной областей; интегральная формула Коши, теорема Морера. Разложение не аналитической функции в степенной ряд, ряд Лорана. Сходимость ряда Лорана, область сходимости ряда Лорана, теорема Абеля. Классификация особых точек функции комплексного переменного на основании поведения ряда Лорана: устранимая, полюс, существенно особая. Понятие вычета. Основная теорема теории вычетов. Вычеты в конечной и бесконечно удаленной точках, формула вычета в полюсе  $m$ -го порядка. Приложение теории вычетов к вычислению определенных интегралов, интегралы Френеля и Дирихле. Теоремы сложения, подобия, запаздывания, смещения, дифференцирования и интегрирования изображений, изображение производных любых порядков, интеграла, предельные соотношения между оригиналами и изображениями, теорема свертывания. Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений,

**Формы текущей аттестации:** контрольная работа.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1,2,3

### **Б1.Б.8.6 Дифференциальные уравнения**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** целью изучения дисциплины является освоение теоретических основ обыкновенных дифференциальных уравнений, а также приобретение практических навыков их интегрирования и в том числе приближенными методами.

В результате изучения базовой части цикла студент должен:

- *знать* основные дифференциальные уравнения ;
- *уметь* применять методы решений дифференциальных уравнений для решения практических задач;
- *владеть* методами решений дифференциальных уравнений.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина «Дифференциальные уравнения» относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

Курс «Дифференциальные уравнения» базируется на курсах «Математический анализ» и «Линейная алгебра». Практические навыки и теоретические знания дифференциальных уравнений используются далее при изучении других математических дисциплин, курсов теоретической физики а также многих спецкурсов.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

#### **Раздел 1. Дифференциальные уравнения первого порядка.**

Описание законов природы в форме дифференциальных уравнений. Основные определения. Геометрическая интерпретация дифференциального уравнения первого порядка, разрешенного относительно производной. Метод изоклин. Построение дифференциального уравнения по общему решению. Уравнения с разделяющимися переменными и приводимые к ним. Однородные уравнения. Уравнения, приводимые к однородным. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Структура общего решения линейного неоднородного уравнения. Уравнения Бернулли и Риккати. Уравнение в полных дифференциалах. Понятие первого интеграла. Интегрирующий множитель. Приемы отыскания интегрирующих множителей. Теорема существования и единственности решения дифференциального уравнения первого порядка, разрешенного относительно производной. Принцип сжимающих отображений. Метод последовательных приближений. Продолжение решения. Непродолжаемое решение и его построение. Теорема о примыкании непродолжаемого решения к границе области. Степень гладкости решений дифференциального уравнения. Непрерывная зависимость решения дифференциального уравнения от начальных условий и от параметров. Простые особые точки, их классификация. Особые решения. Дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной. Уравнения, не содержащие явно независимой переменной, неизвестной функции. Уравнение с однородной функцией в левой части. Общий случай введения параметра. Дифференциальные уравнения, разрешимые относительно аргумента или неизвестной функции. Уравнения Лагранжа и Клеро. Понятие об огибающей семейства кривых. Теорема об огибающей семейства интегральных кривых. Теорема существования решения дифференциального уравнения первого порядка, не разрешенного относительно производной.  $P$ -дискриминантная кривая и ее связь с особыми решениями.

#### **Раздел 2. Дифференциальные уравнения высших порядков.**

Дифференциальное уравнение  $n$ -го порядка, разрешенное относительно старшей производной. Сведение его к нормальной системе уравнений. Теоремы существования и единственности, непрерывной зависимости решения нормальной системы от начальных условий и от параметров. Теорема существования и единственности решения уравнения  $n$ -го порядка, разрешенного относительно старшей производной, как следствие теоремы существования и единственности решения нормальной системы. Частные случаи дифференциального уравнения  $n$ -го порядка, допускающие понижение порядка. Теорема существования и единственности решения линейного дифференциального уравнения  $n$ -го порядка с непрерывными коэффициентами. Общая теория линейного однородного дифференциального уравнения  $n$ -го порядка. Определитель Вронского, проверка независимости решений. Фундаментальная система решений. Структура общего решения линейного однородного дифференциального уравнения. Теоремы о максимальном числе линейно-независимых решений и о тождественности уравнений. Построение линейного дифференциального уравнения по фундаментальной системе решений. Формула Лиувилля и ее применение. Способ понижения порядка линейного однородного уравнения при известном частном решении. Структура общего решения линейного неоднородного дифференциального уравнения  $n$ -го порядка. Принцип суперпозиции. Метод вариации произвольных постоянных для отыскания частного решения неоднородного уравнения  $n$ -го порядка. Функция Грина. Линейное однородное уравнение  $n$ -го порядка с постоянными коэффициентами. Операторные

многочлены и их свойства. Разложение операторного многочлена на линейные множители. Действие операторного многочлена на простейшие функции. Формула смещения. Характеристический многочлен и характеристическое уравнение. Построение фундаментальной системы решений линейного однородного уравнения с постоянными коэффициентами в случае простых и кратных корней характеристического многочлена (действительных или комплексных). Линейные неоднородные уравнения с постоянными коэффициентами. Квазиполиномы и их свойства. Структура частного решения линейного неоднородного уравнения с постоянными коэффициентами и квазиполиномом в правой части. Операторный метод отыскания частного решения такого уравнения. Уравнение Эйлера. Интегрирование однородных линейных дифференциальных уравнений с помощью рядов. Отыскание фундаментальной системы решений уравнений Эйри и Бесселя.

### **Раздел 3. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений.**

Эквивалентность нормальной системы  $n$  дифференциальных уравнений одному уравнению  $n$ -го порядка, разрешенному относительно старшей производной. Теоремы о непрерывной зависимости и непрерывной дифференцируемости решения нормальной системы по начальным условиям и по параметру. Первые интегралы нормальной системы дифференциальных уравнений. Необходимое и достаточное условие для того, чтобы непрерывно-дифференцируемая функция была первым интегралом нормальной системы. Теорема о максимальном числе независимых первых интегралов. Эквивалентность отыскания  $n$  независимых первых интегралов построению общего решения нормальной системы. Понижение порядка нормальной системы, если известна часть первых интегралов. Симметричная форма системы дифференциальных уравнений. Интегрируемые комбинации. Общая теория линейных однородных систем дифференциальных уравнений с непрерывными коэффициентами. Фундаментальная система решений. Построение линейной однородной системы по фундаментальной системе решений. Структура общего решения линейной неоднородной системы. Метод вариации произвольных постоянных для отыскания частного решения линейной неоднородной системы. Линейные однородные системы с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение как уравнение на отыскание собственных значений и собственных векторов матрицы системы. Вид фундаментальной системы решений в случае простых корней (действительных и комплексных). Вид фундаментальной системы решений в случаях, когда характеристическое уравнение имеет кратные корни и различные значения ранга характеристической матрицы. Метод исключения для линейных систем с постоянными коэффициентами общего вида.

### **Раздел 4. Интегральные уравнения.**

Классификация линейных интегральных уравнений по родам. Уравнения Вольтера. Уравнения Фредгольма 2-го рода. Уравнения с вырожденным ядром. Существование решения уравнения Фредгольма с малым ядром. Существование решения уравнения Вольтерра. Теоремы Фредгольма. Спектральная теория уравнений Фредгольма с симметричными ядрами. Свойства спектра собственных чисел. Теорема Гильберта-Шмидта. Задача Штурма-Лиувилля и интегральные уравнения. Теоремы Гильберта об интегральном представлении решения краевой задачи через функцию Грина. Вывод теоремы Стеклова из теоремы Гильберта-Шмидта.

### **Раздел 5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.**

Методы, основанные на разложении в ряд Тейлора. Методы Рунге-Кутты. Погрешность аппроксимации и устойчивость разностной схемы. Устойчивость и сходимость. Обоснование метода Эйлера и его вычислительной устойчивости.

### **Раздел 6. Вариационное исчисление.**

Простейшая задача вариационного исчисления. Основная лемма вариационного исчисления. Первая вариация. Уравнение Эйлера. Экстремали. Основные случаи инте-

грируемости уравнения Эйлера. Расширение вариационных задач. Вариационная задача на классе векторных функций. Вариационная задача со старшими производными. Уравнение Эйлера-Пуассона. Вариационная задача на классе функций многих переменных. Уравнение Эйлера-Остроградского. Вариационные задачи на условный экстремум. Задача Лагранжа. Изопериметрическая вариационная задача. Вариационные задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности различных видов. Неклассические вариационные задачи. Задача оптимального управления. Принцип максимума Л.С. Понтрягина. Решение задачи об оптимальной остановке материальной точки.

**Формы текущей аттестации:** две контрольные работы.

**Форма промежуточной аттестации:** дифференцированный зачет.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1,2

### **Б1.Б.8.7 Интегральные уравнения и вариационное исчисление**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

целью изучения дисциплины является освоение теории интегральных уравнений и вариационного исчисления, а также приобретение практических навыков интегрирования уравнений и решения вариационных задач.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс «Интегральные уравнения и вариационное исчисление» относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Примеры функционалов. Примеры вариационных задач. Вариация функционала. Необходимое условие экстремума функционалов. Основная лемма. Постановка вариационной задачи. Вывод уравнения Эйлера для  $\varepsilon$  для экстремалей. Задача о брахистохроне. Постановка вариационной задачи. Вывод системы уравнений Эйлера для экстремалей. Постановка задачи. Метод множителей Лагранжа. Задачи о геодезических линиях на сфере, на круглом цилиндре. Задача Дидоны. Метод последовательных приближений. Резольвента. Уравнения типа свертки. Уравнения 1-го рода. Метод последовательных приближений. Резольвента. Уравнения с вырожденным ядром. Характеристические числа и собственные функции. Уравнения с симметричным ядром. Применение интегральных преобразований.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1,2

### **Б1.Б.8.8 Теория вероятностей и математическая статистика**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Содержание дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика» направлено на ознакомление обучающихся с основными понятиями и методами теории вероятностей, идеями и аппаратом математической статистики, которые необходимы

при обработке результатов эксперимента, анализе случайных явлений, возникающих в радиофизических приложениях и при передаче информации.

### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Теория вероятностей и математическая статистика» относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

#### **Раздел 1. Основные понятия теории вероятностей.**

##### 1.1. Элементы комбинаторики и схемы шансов.

Испытание и понятие элементарного события. Схемы шансов: эксперименты с и без возвращения, с учетом и без учета порядка.

##### 1.2. Аксиоматика теории вероятностей.

Пространство случайных событий и операции над событиями. Алгебра и  $\sigma$ -алгебра событий. Аксиомы вероятности и вероятностное пространство. Свойства вероятности, вытекающие из аксиом.

##### 1.3. Способы исчисления вероятностей.

Статистическое, классическое и геометрическое определения вероятностей. Вероятность на счётном пространстве элементарных событий. Задача Бюффона. Парадокс Бертрана.

##### 1.4. Основные соотношения теории вероятностей.

Условная вероятность Теорема умножения вероятностей. Независимые события. Теорема сложения вероятностей. Теорема сложения для независимых и несовместных событий. Формула полной вероятности. Формула Байеса.

##### 1.5. Основные дискретные распределения.

Схема Бернулли. Наиболее вероятное число успехов. Геометрическое распределение. Гипергеометрическое распределение. Схема независимых испытаний с несколькими исходами. Конечные однородные цепи Маркова. Распределение Пуассона.

#### **Раздел 2. Теория случайных величин.**

##### 2.1. Основы теории случайных величин.

Случайные величины. Функция распределения вероятностей и её свойства. Дискретные и абсолютно непрерывные случайные величины. Плотность вероятностей. Равномерное, показательное и нормальное распределения. Преобразования плотностей вероятностей функции от одной случайной величины: случаи монотонных, немонотонных и разрывных функций.

##### 2.2. Многомерные функции распределения.

Случайные векторы, их функции распределения и свойства. Условные плотности вероятностей. Независимые случайные величины. Вероятностное распределение функции нескольких случайных величин. Распределение суммы, произведения и частного случайных величин.  $\chi^2$ -распределение и распределение Стьюдента.

##### 2.3. Числовые характеристики случайных величин.

Начальные и центральные моменты. Математическое ожидание и дисперсия и их свойства. Числовые характеристики зависимости: ковариация и коэффициент корреляции.

##### 2.4. Предельные теоремы.

Неравенства Чебышёва и Маркова. Последовательности случайных величин и виды их сходимости. Законы больших чисел в форме Чебышёва, Хинчина, Бернулли и Пуассона. Предельные теоремы биномиального распределения: интегральная и дифференциальная теоремы Муавра-Лапласа. Центральная предельная теорема.

##### 2.5. Характеристические функции.

Характеристической функции и их свойства. Свойство положительной определенности. Кумулянты случайных величин. Асимметрия и эксцесс. Гауссовы совокупности. Много-

мерная характеристическая функция гауссовой совокупности. Двумерное гауссово распределение. Эллипс рассеяния. Условные гауссовы распределения. Конечные однородные цепи Маркова.

### **Раздел 3. Элементы математической статистики.**

#### **3.1. Линейная регрессия.**

Постановка задачи прогнозирования. Среднеквадратичная ошибка линейного прогнозирования. Корреляционная матрица. Коэффициент корреляции. Некоррелированность и статистическая независимость.

#### **3.2. Основные задачи математической статистики.**

Выборочный метод. Понятия выборки, выборочного пространства, статистики. Статистические критерии. Проверка простой и сложной гипотез. Критерии для проверки гипотез о параметрах нормального и биномиального распределений. Точечная и интервальная оценки статистического параметра. Неравенство Рао-Крамера. Точечные оценки среднего значения и дисперсии случайной величины. Понятия несмещенной, состоятельной и эффективной оценок параметров. Приближенный и точный методы построения доверительных интервалов для среднего. Доверительные интервалы для нормального распределения.

**Формы текущей аттестации:** контрольная работа.

**Форма промежуточной аттестации:** дифференцированный зачет.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1,2,5

### **Б1.Б.8.9 Методы математической физики**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель дисциплины – изучение аналитических (точных и приближенных) и численных методов решения линейных и нелинейных уравнений в частных производных, возникающих в задачах современной физики.

Задачи дисциплины:

- Формулировка физических задач, приводящих к дифференциальным уравнениям с частными производными
- Основы теории обобщенных функций и их использования для построения фундаментальных решений дифференциальных уравнений с частными производными
- Метод функций Грина решения задачи Коши для гиперболических, параболических и эллиптических уравнений
- Метод разделения переменных решения краевых задач для уравнений с частными производными
- Теория Штурма-Лиувилля и основные специальные функции математической физики

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Методы математической физики» относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. Поэтому преподавание учебной дисциплины «Методы математической физики» методически связано с преподаванием других математических дисциплин. Фундаментальные понятия и факты курса «Методы математической физики» используются в курсах теоретической физики, теории колебаний и распространения волн, а также в других математических дисциплинах. Таким образом, курс «Методы математической физики» занимает важное место в ре-

лизации внутрпредметных логических и содержательно-методических связей образовательной области «Математика».

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Введение в предмет. Понятие дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка. Классификация уравнений, приведение к каноническому виду.

Физические задачи, приводящие к уравнениями гиперболического типа. Постановка краевых задач, предельные случаи краевых задач. Колебания бесконечной струны, формула Даламбера, полубесконечная струна. Решение краевой задачи в рамках метода разделения переменных. Понятие собственных функций и собственных значений, их свойства. Решение неоднородного уравнения параболического типа, понятие функции Грина. Решение общей краевой задачи.

Физические задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Постановка краевых задач, предельные случаи краевых задач. Метод разделения переменных для уравнений параболического типа. Неоднородные параболические уравнения, функция Грина для уравнений параболического типа, общая краевая задача. Задача на бесконечной прямой, функция Грина уравнения теплопроводности в бесконечном пространстве.

Понятие обобщенной функции. Дельта функция и ее свойства. Дифференциальное уравнение для функции Грина, построение функции Грина с помощью дельта функции.

Физические задачи, приводящие к уравнениям эллиптического типа. Постановка краевых задач. Уравнение Лапласа и Пуассона. Понятие и свойства гармонических функций. Формулы Грина. Построение функций Грина для эллиптических уравнений. Теория потенциала. Уравнение Гельмгольца, формулы Грина для уравнения Гельмгольца. Функция Грина для уравнения Гельмгольца в ограниченной и неограниченной области. Колебания круглой мембраны, функции Бесселя и их свойства. Колебания сферического объема, полиномы Лежандра и их свойства.

**Формы текущей аттестации:** коллоквиум, контрольная работа.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1,2,5

### **Б1.Б.8.10 Численные методы**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Формирование знаний и умений, необходимых для использования математического аппарата для освоения теоретических основ и практического использования физических методов. Освоение методов численного анализа, методов численного решения математических задач, моделирующих задачи физики, естествознания и техники, а также современных методов анализа математических моделей. Формирование навыков построения и применения моделей, возникающих в практической деятельности и проведения расчетов по таким моделям.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:** методы численного анализа; методы синтеза и исследования моделей;

**уметь:** использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов; использовать информационные технологии для решения физических и технических задач; адекватно ставить и решать задачи исследования сложных объектов на основе методов математического модели-

рования; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы;

**владеть:** навыками использования математического аппарата для решения физических и технических задач; навыками использования информационных технологий для решения физических и технических задач; навыками практической работы с программными пакетами математического моделирования.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к модулю математических дисциплин базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из девяти разделов. Раздел 1. Вычислительный эксперимент. Математические модели. Методы численного анализа. Раздел 2. Аппроксимация функциональных зависимостей. Интерполяция. Обработка экспериментальных данных. Раздел 3. Численное дифференцирование. Раздел 4. Численное интегрирование. Раздел 5. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Раздел 6. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных и интегральных уравнений. Раздел 7. Вычислительные методы линейной алгебры. Раздел 8. Решение нелинейных уравнений. Раздел 9. Методы оптимизации.

**Коды формируемых компетенций:**

а) общекультурные (ОК)

способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10);

способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);

б) профессиональные (ПК)

способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ПК-1);

способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-2);

способность владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных (ПК-5).

**Общая трудоемкость дисциплины:** 4 зачетные единицы (108 часов).

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация – дифференцированный зачет.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1,2,5

### **Б1.Б.9. Информационные технологии**

**Цели и задачи дисциплины:**

Цель дисциплины состоит в получении базовых представлений о языке программирования С, а также начальных навыков программирования.



В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать*: базовые типы данных, операции и приоритет их выполнения, правила вычисления выражений, синтаксические конструкции языка, основные библиотечные функции.

*уметь*: применять полученные знания при создании программных продуктов для учебной и профессиональной деятельности.

*владеть*: навыками работы с современными средами создания программ, средствами компилирования, компоновки и отладки.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Для освоения данной дисциплины требуются знания, умения и компетенции, формируемые в рамках школьного курса информатики и математики.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из семи разделов.

Раздел 1. Введение. История возникновения языка С. Основные понятия.

Раздел 2. Алфавит языка. Лексические единицы.

Раздел 3. Типы данных. Простые типы данных. Типы определяемые пользователем.

Раздел 4. Выражения. Правила вычисления выражений. Операции. Приоритет операций.

Раздел 5. Операторы. Ветвления. Циклы.

Раздел 6. Функции. Прототипы. Аргументы и параметры. Классы памяти.

Раздел 7. Функции форматированного ввода-вывода. Функции динамического распределения памяти. Функции обработки строк. Файловые функции.

### **Коды формируемых компетенций:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО и ООП ВПО по данному направлению подготовки (специальности):

*общекультурных (ОК)*: способностью стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-6); способностью владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);

*профессиональных (ПК)*: готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ПК-3); способностью владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных (ПК-5); способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-11).

*профессиональных, установленных вузом (ПК)*: способностью разрабатывать модели исследуемых процессов, материалов, элементов, приборов и устройств интегральной электроники и наноэлектроники (ПСК-3).

**Общая трудоемкость дисциплины:** 6 зачетные единицы (144 часов).

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация - зачет (1 семестр).

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-6, 7, 9; ПК-1, 5, 6

## **Б1.Б.10. Экология**

**Цели и задачи дисциплины:** Цель изучения дисциплины – формирование у студента комплекса знаний в области сохранения окружающей среды, а также в области взаимосвязи экологии с сопряженными областями, – биологией, геологией, физикой, химией и т.д., поскольку экология тесно связана с геохимическими и геофизическими процессами, в которые вовлечены живые организмы биосферы. В процессе изучения курса студент должен на базе различного рода фактов научиться самостоятельно выявлять глубокую взаимозависимость живого вещества планеты с неживыми компонентами природной среды. Одной из основных задач курса является формирование у студента способности к самостоятельному мышлению и формирование у него личной ответственности за благоприятное развитие окружающей его природной среды. Студент должен овладеть ноосферным подходом к развитию человека и общества в целом.

В результате освоения дисциплины студент должен:

*знать* особенности основных этапов развития экологии. основные глобальные проблемы экологии, экологические опасности регионального и локального масштаба,

*уметь* самостоятельно выявлять основные неблагоприятные факторы различного масштаба, воздействующие на окружающую среду, выделять основные экологические угрозы и способы их нейтрализации,

*владеть* основным терминологическим потенциалом дисциплины, основами взаимосвязи экологии с другими науками.

Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из четырех разделов. Раздел 1. Введение в предмет, влияние человека на окружающую среду на разных этапах развития человечества. Характеристика антропогенного воздействия на окружающую среду Раздел 2. Основные понятия и определения. В.И. Вернадский – создатель учения о биосфере, составные части биосферы. Роль и значение каждой из геосфер на развитие человека и человечества. Глобальные и региональные проблемы человечества. Раздел 3. Значение природных ресурсов, их исчерпаемость. Возобновляемые и невозобновляемые ресурсы. Роль биологических ресурсов планеты в развитии человечества. Проблемы сохранения и рационального использования природных ресурсов. Ресурсосберегающие технологии. Раздел 4. Необходимость эколого-правового регулирования хозяйственной деятельности человека. Воспитание ноосферного мировоззрения как альтернативы потребительскому антропоцентризму. Возникновение и развитие концепции устойчивого развития человечества.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у студента элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО и ООП ВПО по данному направлению подготовки (специальности):

*общекультурных (ОК):* способность владеть культурой экологического мышления, способность к восприятию, анализу, обобщению экологической информации (ОК-1); способность использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач с экологической ответственностью за результаты своей деятельности, анализировать экологически значимые проблемы и процессы и их социальные последствия (ОК-9); способность владеть основными методами защиты

производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий, угрожающих экологической стабильности (ОК- 15);

*профессиональных (ПК):* способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов, в том числе в области развития биосферы (ПК-1); способность выявлять естественно-научную сущность экологических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать разработанные способы и методики для их решения (ПК-2); готовность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий для решения общеэкологических задач в своей профессиональной деятельности (ПК-3);

**Форма аттестации:** зачет (2 семестр): Форма текущего контроля: опрос, в том числе в форме круглого стола.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОК-7, 9; ОПК-8; ПК-7

### **Б1.Б.11 Физика**

#### **Цели и задачи модуля:**

Цель модуля «Общая физика» состоит в формировании у студента целостной системы знаний по основам классической и современной физики, выработке навыков построения физических моделей и решения физических задач. Модуль является фундаментом для последующего изучения профессиональных и профильных дисциплин.

В результате изучения модуля *Общая физика* студент должен:

- *знать* фундаментальные законы природы и основные физические законы в области механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики и атомной физики;
- *уметь* применять физические законы для решения практических задач;
- *владеть* навыками практического применения законов физики.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Модуль «Физика» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

##### **Раздел 1. Механика**

##### **1.1. Введение**

Предмет современной физики. Методы физического исследования. Идеализация реальных объектов и взаимосвязей между ними. Принципиальная роль физического эксперимента.

##### **1.2. Кинематика материальной точки**

Характерные пространственно-временные масштабы. Границы применимости классической механики. Способы описания движения материальной точки. Системы отсчета. Скорость и ускорение. Тангенциальное и нормальное ускорения. Вращательное движение, угловая скорость и угловое ускорение.

##### **1.3. Законы Ньютона**

Первый, второй и третий законы Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Второй закон Ньютона как физический закон, понятия силы и инертной массы. Примеры решения динамических задач

Второй закон Ньютона как дифференциальное уравнение движения. Роль начальных условий. Основные типы динамических задач. Движение материальной точки под действием постоянной силы. Движение под действием силы, пропорциональной скорости.

Примеры "упругой" силы, гармонический осциллятор. Динамика вращательного движения материальной точки.

#### 1.4. Некоторые теоремы и интегралы движения для материальной точки

Уравнение моментов для материальной точки. Закон сохранения момента импульса в центральном силовом поле. Механическая работа и мощность. Консервативные силы. Потенциальная энергия материальной точки. Теорема о кинетической энергии. Механическая энергия, теорема об изменении механической энергии. Закон сохранения механической энергии материальной точки в поле консервативных сил. Потенциальная энергия и устойчивость состояния равновесия материальной точки. Одномерное движение материальной точки в потенциальном поле, финитные и инфинитные движения. Движение в центрально-симметричном поле. Кеплерова задача.

#### 1.5. Электромагнитные силы

Электрический заряд. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Понятие потенциала. Вычисление полей по принципу суперпозиции. Поле электрического диполя. Вектор индукции магнитного поля, сила Лоренца. Действие магнитного поля на проводник с током, сила Ампера. Момент сил, действующих на рамку с током.

Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Движение частицы в однородном магнитном поле. Дрейфовое движение в скрещенных электрическом и магнитном полях. Продольный дрейф в слабонеоднородном магнитном поле, магнитные ловушки. Ускорители заряженных частиц. Эффект Холла. Принцип действия МГД-генераторов.

#### 1.6. Молекулярные силы

Взаимодействие диполей. Природа и особенности молекулярных сил.

#### 1.7. Деформации тел и упругие силы

Деформации растяжения и сдвига. Закон Гука. Упругие константы вещества. Сложные деформации (изгиб, кручение). Отклонения от закона Гука при больших деформациях (нелинейность, пластичность). Электромагнитная природа упругих сил, понятие о дислокациях.

#### 1.8. Силы трения

Сухое трение. Закон Амонтона-Кулона. Трение скольжения. Работа сил трения. Вязкое трение, формула Ньютона. Ламинарное течение вязкой жидкости в трубе, формула Пуазейля. Силы, действующие на тела, движущиеся в вязкой среде. Закон Стокса. Аэродинамические силы. Анализ аэродинамических сил методом подобия и размерностей, число Рейнольдса. Понятие о сверхтекучести.

#### 1.9. Тяготение и силы инерции

Силы тяготения. Вывод закона тяготения из законов Кеплера для планет. Эквивалентность гравитационной и инертной масс. Гравитационное поле, гравитационный потенциал. Движение материальной точки в поле тяготения. Первая, вторая и третья космические скорости. Вес и невесомость тел.

Неинерциальные системы отсчета. Система отсчета, ускоренно движущаяся относительно инерциальной. Силы инерции. Вращающаяся система отсчета. Теорема Кориолиса. Центробежная и кориолисова силы. Земля как неинерциальная система отсчета. Маятник Фуко. Аналогия между силами инерции и тяготения.

#### 1.10. Основы специальной теории относительности

Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца (с выводом) и некоторые следствия из них (относительность понятия времени, лоренцево сокращение длины, замедление хода движущихся часов). Понятие интервала. Релятивистский закон сложения скоростей. Релятивистская масса. Связь релятивистской массы с энергией, а также энергии с импульсом. Фотон как частица с нулевой массой покоя. Давление света. Искривление световых лучей и смещение частоты квантов в поле тяготения.

#### 1.11. Основные теоремы и законы сохранения для системы материальных точек

Импульс системы материальных точек. Теорема об изменении импульса системы материальных точек. Теорема о движении центра масс. Динамика материальной точки с переменной массой, уравнение Мещерского. Реактивная сила. Задача Циолковского, ракеты. Момент импульса систем материальных точек Уравнение моментов для системы материальных точек. Закон сохранения момента импульса. Уравнение моментов относительно оси. Кинетическая и потенциальная энергии для системы материальных точек. Механическая энергия системы материальных точек и условия ее сохранения. Понятие о внутренней энергии. Связь законов сохранения импульса, момента импульса и энергии системы материальных точек со свойствами симметрии пространства и времени. Примеры применения законов сохранения для системы материальных точек. Явление удара (столкновение частиц). Абсолютно неупругий и абсолютно упругий удары двух частиц. Закон Бернулли для стационарного потока идеальной жидкости. Рассеяние фотонов на электронах, эффект Комптона.

#### 1.12. Динамика твердого тела

Кинематические и динамические характеристики твердого тела. Применение уравнения движения центра масс и уравнения моментов для твердого тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Связь между моментом импульса и угловой скоростью твердого тела в общем случае, тензор инерции. Свободные оси. Кинетическая энергия и работа при вращении вокруг неподвижной оси. Плоское движение твердого тела, понятие мгновенной оси вращения. Качение тел, трение качения. Кинетическая энергия при плоском движении. Приближенная теория гироскопа. Прецессионное движение гироскопа. Гироскопические силы.

### Раздел 2. Молекулярная физика

#### 2.1. Элементы кинетической теории газов

Давление идеального газа. Уравнения состояния идеального газа. Внутренняя энергия идеального газа и ее связь с температурой. Фотонный газ.

#### 2.2. Статистические распределения

Статистическое описание системы из большого числа частиц. Статистические законы, средние значения и флуктуации физических величин. Пример - распределение частиц по объему. Распределение молекул газа по скоростям. Равновесное распределение Максвелла (по вектору и модулю скорости) и его свойства, наивероятнейшая, средняя и среднеквадратичная скорости. Распределение Больцмана и примеры его применения.

#### 2.3. Классическая теория теплоемкости

Теплоемкость газов, теорема о равнораспределении энергии по степеням свободы. Недостатки классической теории теплоемкости.

#### 2.4. Явления переноса

Средняя длина свободного пробега молекул в газах. Диффузия, внутреннее трение, теплопроводность газов. Особенности ультраразреженных газов. Вычисление среднего квадрата смещения броуновских частиц. Измерение числа Авогадро.

#### 2.5. Реальные газы и жидкости

Уравнение Ван-дер-Ваальса и его свойства. Фазовые переходы. Критическая температура, критические параметры.

#### 2.6. Термодинамический подход к описанию макросистем

Термодинамическое равновесие, общий принцип термодинамики. Понятие температуры, нулевой принцип термодинамики. Классификация процессов.

#### 2.7. Первый принцип термодинамики

Опыты Джоуля, понятие о внутренней энергии. Работа и количество теплоты. Первый принцип термодинамики. Соотношение Майера. Уравнение адиабаты для идеального

газа. Внутренняя энергия идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса. Процессы Джоуля-Гей-Люссака и Джоуля-Томпсона.

## 2.8. Второй принцип термодинамики

Проблема превращения теплоты в работу. Формулировки второго принципа термодинамики для тепловых и холодильных машин. Цикл Карно. Теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Приведенное количество теплоты, равенство Клаузиуса для обратимых процессов. Энтропия идеального газа. Основное уравнение термодинамики и некоторые его следствия (соотношения взаимности, термомеханические эффекты, уравнение Клапейрона-Клаузиуса). Необратимые процессы, неравенство Клаузиуса. Возрастание энтропии при необратимых процессах (с примерами). Статистический смысл энтропии и второго принципа термодинамики.

## Раздел 3. Электричество и магнетизм

### 3.1. Электрическое поле

Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса (с примерами применения). Теорема о циркуляции вектора напряженности. Потенциал.

### 3.2. Проводники в электростатическом поле

Условие равновесия свободных зарядов в проводнике и некоторые следствия из него. Электростатическая экранировка. Емкость. Конденсаторы. Типы электростатических задач. Теорема единственности.

### 3.3. Энергия электрического поля

Энергия системы точечных зарядов. Энергия заряженного проводника и конденсатора. Плотность энергии поля.

### 3.4. Электрическое поле в диэлектриках

Понятие макроскопического (усредненного) поля в среде. Поляризованность (вектор поляризации). Поляризационные (связанные) заряды. Вектор электрической индукции. Диэлектрическая проницаемость. Уравнения электрического поля в диэлектриках. Граничные условия для векторов напряженности и индукции. Энергия электрического поля в среде. Пондеромоторные силы в электрическом поле. Механизмы поляризуемости диэлектриков. Нелинейные диэлектрики. Сегнетоэлектрики.

### 3.5. Стационарный электрический ток

Электрическое поле внутри и вне проводника с током. Закон Ома. Электродвижущая сила (ЭДС) и падение напряжения. Сложные цепи, правила Кирхгофа.

### 3.6. Магнитное поле проводников с током

Закон Био-Савара-Лапласа. Поле движущегося заряда. Магнитный поток. Теорема о циркуляции вектора индукции.

### 3.7. Действие магнитного поля на проводники с током

Закон Ампера. Пондеромоторные взаимодействия проводников с током.

### 3.8. Векторный потенциал

Описание магнитного поля при помощи векторного потенциала. Вычисление векторного потенциала заданного распределения токов.

### 3.9. Магнитное поле в веществе

Намагниченность (вектор намагничивания). Напряженность магнитного поля в среде. Теорема о циркуляции вектора напряженности. Магнитная проницаемость. Граничные условия и способы измерения векторов индукции и напряженности в магнетиках. Природа магнитных свойств магнетиков. Диа-, пара- и ферромагнетики. Постоянные магниты.

### 3.10. Явление электромагнитной индукции

ЭДС индукции в движущихся проводниках. Закон Фарадея. Вихревое электрическое поле. Принцип действия динамо-машины и электромотора. Индукционный ускоритель

электронов (бетатрон). Измерение циркуляции вектора магнитной индукции при помощи пояса Роговского.

### 3.11. Взаимоиндукция и самоиндукция

Индуктивность. Процессы установления в контуре с индуктивностью, электромеханические аналогии. Коэффициент взаимоиנדукции.

### 3.12. Магнитная энергия

Магнитная энергия одиночного контура и 2-х связанных контуров. Плотность энергии магнитного поля.

### 3.13. Электромагнитное поле в вакууме

Ток смещения. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Волновые уравнения. Существование электромагнитных волн.

### 3.14. Система уравнений Максвелла для полей в веществе

Уравнения полей и материальные уравнения. Особенности поляризации диэлектриков в переменных полях. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Системы единиц.

### 3.15. Квазистационарные токи

Свойства идеальных элементов. Расчет цепей синусоидального тока методом векторных диаграмм и комплексных амплитуд. Импеданс двухполюсников. Работа и мощность в цепи переменного тока.

### 3.16. Механизмы проводимости некоторых проводников

Классическая электронная теория проводимости металлов и ее недостатки. Электрический ток в электролитах, в плазме. Полупроводники. Введение в зонную теорию проводимости кристаллов.

### 3.17. Электрические явления в контактах

Внешняя и внутренняя контактная разность потенциалов. Явления в контактах проводников первого и второго рода, химические источники тока. Контактные явления в полупроводниках, полупроводниковые диоды.

## Раздел 4. Атомная и ядерная физика

4.1. Элементарные частицы Понятие элементарной частицы. Понятие распада элементарных частиц. Приборы и устройства для наблюдения и изучения элементарных частиц. Энергия связи. Фундаментальные взаимодействия. Обменные взаимодействия. Фейнмановские диаграммы. Виртуальные частицы. Сильное взаимодействие. Мезоны. Слабое взаимодействие. Бозоны. Электромагнитное взаимодействие. Гравитационное взаимодействие. Нуклоны. Изотопический спин. Странные частицы. Странность. Гиперзаряд. Классификация элементарных частиц. Законы сохранения в физике элементарных частиц. Кварки.

54.2 Физика атомного ядра Ядро. Стабильные и нестабильные ядра, их основные характеристики. Спин ядра. Масса атомных ядер и энергия связи нуклонов в ядре. Формула Вейцеккера. Модели атомных ядер. Капельная модель. Оболочечная модель. Радиоактивность ядер. Закон радиоактивного распада. Основные типы распада ядер.

**Формы промежуточной аттестации:** Раздел 1. Зачет; Раздел 2. Зачет; Раздел 3. экзамен

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1, 2; ПК-2, 3

### **Б1.Б.12 Квантовая механика и статистическая физика**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель данной дисциплины – дать студентам глубокое понимание закономерностей микромира, научить применять вычислительные методы квантовой теории для решения различных прикладных задач. Студент должен овладеть математическим аппаратом нерелятивистской квантовой теории, приобрести навыки его практического применения и на этой основе получать ясное представление о физической природе квантовых явлений, иметь понятие о релятивистской квантовой механике и четкое представление о границах применимости квантовых законов и используемых вычислительных методов. Он должен понимать, что квантовая механика есть научная основа современных нанотехнологий.

Основная цель курса – дать студентам глубокие и прочные знания фундаментальных термодинамических и статистических закономерностей макроскопических систем. Основная задача курса – научить обучающихся применять полученные знания на практике; проводить необходимые расчеты физических характеристик макросистем и физически интерпретировать результаты этих расчетов; давать верную научную интерпретацию физическим закономерностям, наблюдаемым в макросистемах.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс «Квантовая механика и статистическая физика» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Част 1. Раздел 1. Экспериментальные основы квантовой механики. Раздел 2. Математический аппарат квантовой механики. Раздел 3. Основные положения квантовой механики. Раздел 4. Простейшие задачи квантовой механики. Раздел 5. Элементы теории представлений. Раздел 6. Приближенные методы квантовой механики. Раздел 7. Частица в электромагнитном поле. Раздел 8. Теория систем многих частиц. Раздел 9. Квантовая теория рассеяния. Раздел 10. Теория квантовых переходов. Раздел 11. Релятивистская квантовая механика.

Часть 2. 1. Статистическая физика как теория макроскопических систем. Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем. 2. Основные представления статистической физики. 3. Классическая статистическая физика равновесных систем. 4. Квантовая статистическая физика. 5. Теория флуктуаций. 6. Основы термодинамики и кинетики неравновесных процессов.

**Формы текущей аттестации:** тестирование, 2 контрольные работы

**Форма промежуточной аттестации:** зачет (4 семестр), экзамен (5 семестр)

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1, 2

### **Б1.Б.13 Безопасность жизнедеятельности**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Основная цель преподавания дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» - приобретение обучающимися теоретических знаний и практических навыков по безопасной жизнедеятельности на производстве и в быту, как в повседневной жизнедеятельности, так и в условиях чрезвычайных ситуаций техногенного и природного происхождения.



Дополнительная цель – привитие элементарных навыков в использовании индивидуальных средств защиты от техногенных воздействий и оказании первичной доврачебной помощи пострадавшим.

Задачи дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»:

- получение основополагающих знаний в следующих сферах жизнедеятельности:
- охране здоровья и жизни людей в сфере профессиональной деятельности;
- защите в чрезвычайных ситуациях и в быту;
- охране окружающей среды;
- прогнозированию и моделированию последствий производственных аварий и катастроф;
- разработке технических средств и методов защиты окружающей среды и эффективных малоотходных технологий.

### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и микроэлектроника.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Раздел 1. Введение.

Цель, задачи и содержание дисциплины. Ее место и роль среди других наук и в подготовке специалиста. Комплексный характер дисциплины: психологические возможности человека, социальные, экологические, технологические, правовые и международные аспекты. Основные понятия науки о безопасности жизнедеятельности. Проблема обеспечения безопасности человека в системе «человек - среда обитания». Опасные и вредные факторы производственной среды. Физические, химические, биологические и психофизиологические опасности. Условия обеспечения безопасности и здоровья человеку на производстве и в быту (безопасное технологическое оборудование, безопасные рабочие места, правовое и организационное регулирование труда).

Раздел 2. Комфортные и допустимые условия жизнедеятельности.

Микроклимат и воздушная среда рабочей зоны. Влияние микроклимата на работоспособность человека. Нормирование параметров микроклимата в конкретном производстве. Тепловые излучения и влияние их на организм человека. Нормирование тепловых излучений. Адаптация и акклиматизация в условиях перегревания и переохлаждения. Действие вредных веществ на организм человека в конкретном производстве. Нормирование концентрации вредных веществ в воздушной среде рабочей зоны. Методы контроля состояния воздушной среды. Производственное освещение. Характеристика электрических источников света и осветительных приборов. Естественное и совмещенное освещение в производственных цехах. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Естественная и механическая вентиляция. Производственный шум. Источники шума и шумовые характеристики в конкретном производстве. Производственная вибрация. Физические характеристики и измерение вибраций в конкретном производстве. Характеристика и опасность совместного воздействия вибраций, шума, ультразвука и инфразвука.

Раздел 3. Электробезопасность.

Действие электрического тока на организм человека. Опасность поражения в различных электрических сетях. Заземление и зануление. Классификация помещений по электробезопасности. Квалификационные группы персонала по электробезопасности. Напряжение шага, прикосновения. Защитные меры в электроустановках. Защитные средства, применяемые в электроустановках. Защитная изоляция: виды, роль в обеспечении электробезопасности, критические параметры. Защита от статического электричества. Организационные и технические мероприятия при эксплуатации электроустановок. Средства индивидуальной защиты.

Раздел 4. Радиационная безопасность.

Основные понятия, определения, единицы измерения в области радиационной безопасности. Фоновое облучение человека. Нормирование ионизирующих излучений. Защита от воздействия ионизирующего излучения на производстве. Средства индивидуальной защиты. Защита от лазерных излучений. Применение лазеров в технологических процессах. Биологическое действие лазерного излучения: воздействие на глаза, кожу, внутренние органы и организм человека в целом. Опасные и вредные производственные факторы, сопутствующие эксплуатации лазеров. Основные способы и средства защиты от лазерного излучения: экранирование, блокировка, сигнализация, удаление рабочих мест из лазерно-опасной зоны. Средства индивидуальной защиты.

Раздел 5. Пожаробезопасность и взрывобезопасность.

Причины возникновения пожаров и взрывов в помещениях и в производственных процессах. Опасные факторы при пожарах и взрывах. Основные сведения из теории естественного окисления, теплового самовоспламенения и цепных реакций. Самовоспламенение смеси газов, воспламенение жидкости, вспышка паров. Оценка пожароопасности веществ и материалов. Предупреждение взрывов и пожаров. Ликвидация их последствий. Показатели пожароопасности. Классификация зданий и помещений по пожарной (взрывной) опасности. Прогнозирование пожаров и взрывов. Пожарная безопасность в технологических процессах конкретных производств. Системы и средства пожаротушения, пожарной автоматики и сигнализации. Средства индивидуальной защиты.

Раздел 6. Защита от электромагнитных полей высокой и сверхвысокой частоты.

Основные понятия и определения. Физические характеристики электромагнитных полей (ЭМП). Воздействие электромагнитных полей на организм человека. Тепловой и функциональный эффект. Органы человека с повышенной чувствительностью к ЭМП. Организационные, технические и санитарно-гигиенические меры защиты от электромагнитных излучений в конкретном производстве. Нормирование интенсивности ЭМП. Расчет интенсивности ЭМП на рабочих местах в зависимости от параметров источника излучения и среды. Определение границ опасной зоны.

Раздел 7. Оптимизация параметров рабочих мест.

Виды и формы деятельности. Энергетические затраты при различных формах деятельности. Определение категории тяжести труда. Способы оценки тяжести и напряженности трудовой деятельности. Работоспособность и ее динамика. Пути повышения эффективности трудовой деятельности. Эргономические основы безопасности жизнедеятельности.

Правила эвакуации лиц, пострадавших на пожарах, в газоотравленных зонах, при отравлениях.

Раздел 8. Техногенные и природные чрезвычайные ситуации.

Прогнозирование параметров и оценка обстановки при ЧС. Защитные мероприятия при ЧС. Ликвидация последствий ЧС. Защита от терроризма.

Раздел 9. Способы и средства оказания доврачебной помощи.

Способы и средства оказания доврачебной помощи на производстве и в быту. Оказание первой помощи пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях, возникающих при чрезвычайных ситуациях: ранение, ожоги, обморожения, переломы, вывихи, растяжения связок. Условия успеха при оказании первой помощи: быстрота оказания помощи, обученность персонала методам оказания первой медицинской помощи и др.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОК-7, 9

### **Б1.Б.14 Физическая культура**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель дисциплины – формирование физической культуры личности и способности направленного использования физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности. Для достижения поставленной цели предусматривается решение оздоровительных, образовательных и воспитательных задач:

- укрепление здоровья, улучшение физического и психического состояния, коррекция телосложения;
- формирование двигательных умений и навыков, приобретение знаний научно-биологических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни, обеспечения необходимого уровня физической и психической подготовленности обучающихся, овладение умениями по самоконтролю в процессе занятий физической культурой, самоопределение в физической культуре;
- формирование в физическом совершенствовании и подготовки к профессиональной деятельности, формирование привычки к здоровому образу жизни, воспитание физической и волевых качеств, содействие эстетическому воспитанию и нравственному поведению.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Физическая культура» относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся. Ее социально-биологические основы. Физическая культура и спорт как социальные феномены общества. Законодательство Российской Федерации о физической культуре и спорте. Физическая культура личности.

Основы здорового образа жизни студента. Особенности использования средств физической культуры для оптимизации работоспособности. Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания. Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

Профессионально-прикладная физическая подготовка обучающихся. Основы методики самостоятельных занятий и самоконтроль за состоянием своего организма.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОК-7, 8

**Форма промежуточной аттестации:** зачеты (1-4 семестры)

### **Б1.Б.15 Физика полупроводников**

**Цели и задачи дисциплины:** цель изучения дисциплины состоит в формировании комплекса знаний и навыков, необходимых для успешного использования достижений изучаемой области науки в практической деятельности. Основными задачами при изучении курса являются: получение представлений о физических идеях и принципах современной физики полупроводников; получение базового комплекса знаний о физических свойствах, процессах и явлениях (эффектах) в полупроводниках и

особенностях полупроводниковых электронных систем; знакомство с существующими теориями различных физических явлений и основными областями применения полупроводниковых структур.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к базовой части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Для ее усвоения требуются знания, формируемые в рамках курсов квантовой механики и статистической физики, физических основ электроники, материалов электронной техники и физики конденсированного состояния.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из восьми разделов. Раздел 1. Введение. Предмет и задачи курса. Краткий исторический очерк развития. Классификация твердых тел по физическим свойствам. Основные особенности полупроводников. Классификация полупроводниковых материалов. Модельные представления о проводимости в полупроводнике. Раздел 2. Основные положения зонной теории. Уравнение Шредингера для электрона в кристалле. Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Теорема Блоха. Функции Блоха. Расчет зонной структуры в приближениях слабой и сильной связи. Зоны Бриллюэна. Образование энергетических зон из локальных атомных уровней при различных типах химической связи. Особенности зонной структуры и закон дисперсии в реальных кристаллах (кремний, германий, арсенид галлия). Движение электрона в кристалле. Эффективная масса. Изоэнергетические поверхности. Типы и роль примесей в кристаллах. Метод эффективной массы и водородоподобные примесные центры. Раздел 3. Статистика равновесных носителей заряда в полупроводниках. Плотность квантовых состояний в зоне проводимости и валентной зоне. Функция распределения электронов и дырок. Уровень Ферми. Статистика и выражение для концентрации электронов и дырок в собственном полупроводнике. Энергия активации. Статистика и выражение для концентрации электронов и дырок в примесном полупроводнике. Закон действующих масс. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Уравнение электронейтральности. Температурные зависимости уровня Ферми и концентрации свободных носителей заряда. Раздел 4. Кинетические явления в полупроводниках. Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Зависимость времени релаксации от энергии и температуры при различных механизмах рассеяния. Неравновесная функция распределения носителей заряда. Плотность тока и плотность потока энергии. Электропроводность полупроводников и ее температурная зависимость. Механизмы изменения концентрации свободных носителей в сильных полях. Эффект Ганна. Теплопроводность и термоэлектрические явления в полупроводниках. Коэффициент теплопроводности, обусловленной свободными носителями. Явления Зеебека, Пельтье и Томсона. Зависимость дифференциальной термо-ЭДС от температуры и степени легирования. Связи между термоэлектрическими коэффициентами. Термоэлектрическая эффективность. Гальвано- и термомагнитные эффекты в полупроводниках. Раздел 5. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Неравновесные носители заряда. Квазиравновесие, квазиуровни Ферми. Типы и механизмы рекомбинации. Уравнение непрерывности. Биполярная и монополярная генерация и рекомбинация. Максвелловское время релаксации. Линейная и квадратичная рекомбинация. Время жизни. Центры рекомбинации и ловушки. Рекомбинация носителей через локальные центры. Статистика Шокли-Рида. Зависимость времени жизни от положения уровня Ферми и температуры. Раздел 6. Диффузия и дрейф неравновесных носителей. Диффузионный и дрейфовый токи. Подвижность и коэффициент диффузии. Соотношение Эйнштейна. Пространственно-неоднородные неравновесные распределения носителей заряда. Уравнение диффузии. Диффузия в монополярном

полупроводнике. Амбиполярные диффузия и дрейф. Длины диффузии и дрейфа. Раздел 7. Контактные явления в полупроводниках. Контактные явления в полупроводниках. Раздел 8. Внутренний фотоэффект. Кинетика фотопроводимости. Фотовольтаические эффекты: эффект Дембера, фотогальванический эффект (вентильный эффект на контакте Шоттки и p-n переходе), ФЭМ-эффект. Раздел 9. Поверхностные свойства полупроводников. Понятие идеальной и реальной поверхности. Природа и классификация локализованных состояний, связанных с поверхностью. Приповерхностная область пространственного заряда (ОПЗ). Энергетическая диаграмма, основные параметры и разновидности приповерхностной ОПЗ полупроводника. Расчет параметров ОПЗ. Поверхностная проводимость и эффект поля.

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: отчеты по лабораторным работам, опрос. Промежуточная аттестация - экзамен.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:** ОПК-1, 2; ПК-2

### **Б1.В.ОД.1 Кристаллография и кристаллофизика**

**Цели и задачи дисциплины:** Целью изучения курса «Кристаллография и кристаллофизика» являются:

- ознакомление обучающихся с основными представлениями о взаимосвязи фундаментальных свойств кристаллов с их атомным строением, симметрией ближнего и дальнего порядка, которые описываются точечными группами и группами трансляций; о разнообразии структурных типов с различными пространственными группами;
- формирование знаний о влиянии ближнего и дальнего порядка на электронную структуру твердого тела, его кристаллическое строение, тип химической связи;
- усвоение основ тензорного описания физических свойств кристаллов, принципы сложения симметрии внешних воздействий с симметрией самого кристалла.

В результате изучения курса студент должен:

*уметь:*

- применять знания, полученные при изучении курсов физических и математических дисциплин при рассмотрении вопросов, связанных с теоретическими приложениями основных понятий теории групп в кристаллографии и основных понятий тензорного анализа в кристаллофизике;
- использовать понятия о симметрии кристаллов, описываемых точечными и пространственными группами, а также знания о прямой и обратной решетках и взаимно-обратном векторном базисе при расшифровке лауэграмм и дифрактограмм и определении симметрии и идентификации вещества.

*владеть:*

- основами знаний в области базовых понятий и пользования терминологией изучаемой дисциплины;
- навыками проведения экспериментальной оценки симметрии и фазового состава вещества.

### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс «Кристаллография и кристаллофизика» является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

Для изучения курса студентам необходимо усвоить следующие дисциплины: векторная и линейная алгебра, некоторые разделы аналитической геометрии. Дисциплина предшествует следующим дисциплинам математического и естественнонаучного и профессионального циклов: физика конденсированного состояния, квантовая механика

и статистическая физика, физика полупроводников.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из восьми разделов:

1. Характеристика атомного строения кристаллических твердых тел.
2. Точечная симметрия кристаллов
3. Трансляционная симметрия в кристаллах. Пространственные группы
4. Основные структурные типы кристаллов в модели плотных упаковок. Основные типы химической связи.
5. Дефекты в кристаллах.
6. Диагностика кристаллов.
7. Симметрия и физические свойства кристаллов.
8. Тензорное описание физических свойств кристаллов.

**Коды формируемых компетенций:** ОПК-1, 2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос. Промежуточная аттестация - экзамен.

**Б1.В.ОД.2 Физика конденсированного состояния**

**Цели и задачи дисциплины:**

Формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств конденсированных сред при создании объектов и систем в различных областях нанотехнологии и микросистемной техники. Изучение фундаментальных результатов физики конденсированного состояния и способов практического использования свойств конденсированных сред, практическое овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями конденсированного состояния, навыками постановки физического эксперимента по изучению свойств конденсированных сред и основными экспериментальными методиками.

В результате освоения дисциплины студент:

*должен знать:*

основные типы конденсированных сред, особенности классического и квантово-механического описания электронного газа, основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа; методы описания динамики решетки, основные типы колебаний решетки

*должен уметь:*

рассчитать термодинамические и кинетические характеристики квантового электронного газа; уметь выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи; использовать полученные знания при решении профессиональных задач, связанных со свойствами твердого тела

*должен владеть:*

навыками в области выбора необходимых материалов и оптимальных технологических режимов для производства приборов микро- и наноэлектроники. Приобрести опыт деятельности в области анализа функционирования готовых приборов.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (цикл, к которому относится дисциплина)

Курс «Физика конденсированного состояния» является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Изучаемая дисциплина состоит из 4-х разделов. Раздел 1. Межатомное взаимодействие в твердых телах: Основные характеристики молекул. Типы химической связи. Метод валентных связей и метод молекулярных орбиталей. Классификация молекулярных орбиталей. Молекула водорода. Гибридизация орбиталей. Ковалентные кристаллы. Молекулы с ионной связью. Молекулярные кристаллы. Ионные кристаллы. Металлы. Раздел 2. Основы зонной теории твердых тел. Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное приближение. Теорема Блоха. Функция Блоха. Приближение квазисвободных электронов. Зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми. Энергетический спектр электронов в кристалле. Модель Кронига-Пенни. Заполнение зон электронами. Приближение сильной связи. Эффективная масса электрона. Методы расчета зонной структуры кристаллов. Многоэлектронное приближение (модель Хартри и Хартри-Фока). Особенности Ван-Хова и плотность состояний. Раздел 3. Статистика носителей заряда в кристаллах. Статистика электронов в кристаллах. Функция Ферми-Дирака. Концентрация электронов в металлах. Электропроводимость металлов. Концентрация носителей заряда в полупроводниках. Интеграл Ферми. Эффективная плотность состояний. Собственные полупроводники. Раздел 4. Локализованные состояния в кристаллах. Основные виды дефектов в кристаллах. Решение уравнения Шредингера для локального возмущающего потенциала. Мелкие примеси легирования в полупроводниках. Поверхностные состояния. Таммовские и Фоковские уровни. Локализация поверхностных состояний.

**Коды формируемых компетенций:** ОПК-1, 2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, опрос. Промежуточная аттестация - экзамен.

### **Б1.В.ОД.3 Материалы электронной техники**

**Цели и задачи дисциплины:** Дисциплина формирует у обучающихся знания и умения, полезные для освоения дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы», а также для выполнения курсовых и дипломных работ.

Цель – формирование целостных представлений о строении, свойствах и особенностях применения различных материалов в электронной технике.

Задачи дисциплины — изучение основ строения материалов и функциональных свойств материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов наноэлектроники. Формирование навыков экспериментальных исследований свойств материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов наноэлектроники.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* основные свойства проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалов электронной техники.

*уметь:* выбрать материалы для использования в аппаратуре электронной и микроэлектронной техники с учетом их характеристики, влияния на свойства внешних факторов.

*владеть:* информацией о технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов наноэлектроники.

Приобрести опыт деятельности: научно-исследовательской.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс «Материалы электронной техники» является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из пяти разделов. Раздел 1. Проводники. Строение и физико-химические свойства металлов. Характеристики пленочных металлов. Многослойные структуры. Резистивные материалы: углеродистые, металлопленочные, полупроводниковые, стеклоэмалевые. Сверхпроводники: металлические и керамические. Раздел 2. Полупроводники. Основные свойства, особенности и область применения. Алмазоподобные полупроводники. Элементарные полупроводники: кремний, германий, алмаз. Узкозонные соединения A<sub>3</sub>B<sub>5</sub>. Широкозонные соединения A<sup>III</sup>B<sup>V</sup>. Полупроводниковые структуры. Эпитаксиальные структуры. Гетероструктуры. Раздел 3. Диэлектрики. Поляризация, виды поляризации диэлектриков. Электропроводность диэлектриков. Диэлектрические потери. Пробой диэлектриков. Пассивные диэлектрики. Конденсаторные и изоляционные материалы. Активные диэлектрики. Основные методы исследования диэлектриков и определения их параметров. Стекло и аморфные пленочные структуры. Техническая керамика и полимеры. Раздел 4. Магнитные материалы. Основные свойства и параметры магнитных материалов. Физическая природа ферромагнетизма. Магнитотвердые и магнитомягкие материалы. Ферриты. Материалы для магнитной записи информации. Материалы спинтроники. Гигантское магнитное сопротивление. Раздел 5. Наноматериалы в электронике. Наночастицы. Углеродные наноматериалы: фуллерен, нанотрубки, графен. Пористые наноматериалы. Метаматериалы. Молекулярные полупроводники. Органическая электроника.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-1, 2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация — экзамен.

#### **Б1.В.ОД.4 Основы технологии электронной компонентной базы**

**Цели и задачи дисциплины:** сформировать у обучающихся комплекс знаний в области физико-химических основ технологии электронной компонентной базы в микро- и наноэлектронике, являющихся основой для создания электронных устройств с высокой, сверхвысокой и ультравысокой степенью интеграции. Необходимо сформировать у обучающихся комплексный подход к проблемам размерного формирования твердотельных структур на базе используемых и перспективных материалов. Задача дисциплины – показать определяющую роль технологии формирования компонентной базы твердотельной электроники в научно-техническом прогрессе не только микроэлектроники, но и практически всех отраслей науки и техники. К основным задачам курса относится формирование у обучающихся целостного представления о закономерном развитии и совершенствовании технологии электронной компонентной базы, о разработках в области плазменных, пучковых и других современных технологий.

В результате освоения дисциплины студент должен:

*знать*, основные этапы развития технологии электронной компонентной базы, особенности современного этапа развития технологии в области твердотельной электроники;

*уметь*, анализировать большие объемы информации по технологии твердотельной электроники, определяя наиболее перспективные направления ее развития;



*владеть* основами знаний по технологически прорывным направлениям развития микро-, и наноматериаловедения, микро-, и наноэлектроники.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс «Основы технологии электронной компонентной базы» является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

При ее изучении студент должен ориентироваться в многообразии материалов электронной техники, владеть информацией об исторических этапах развития и применения электронной компонентной базы, различать принципиальную разницу между технологией микро- и наноэлектроники. Дисциплина взаимосвязана с блоком материаловедческих дисциплин, рассматривающих различные аспекты физических процессов в сложных, вертикально интегрированных гетерогенных структурах.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Часть 1. Раздел 1. Введение в предмет. Базовые понятия дисциплины. Особенности тонкопленочного состояния материалов. Классификация тонких пленок различных материалов по их функциональному назначению. Раздел 2. Основные технологические аспекты формирования полупроводниковых, диэлектрических и проводниковых материалов. Этапы развития и совершенствования основных определяющих технологических методов формирования электронной компонентной базы. Раздел 3. Проблемы чистоты поверхности материалов на различных стадиях формирования изделий электронной техники. Степень чистоты исходных материалов и окружающей технологической среды и их влияние на характеристики формируемых структур, а также на воспроизводимость и управляемость технологического процесса. Раздел 4. Классификация основных технологических процессов формирования электронной компонентной базы. Роль литографических процессов в технологии микроэлектроники. Развитие и совершенствование технологических процессов прецизионного формирования структур с наноразмерным разрешением. Раздел 5. Роль процессов самосборки и самоорганизации в технологии. Перспективные технологические процессы, в том числе плазменные, лазерные и др. Современные тенденции развития технологии электронной компонентной базы.

Часть 2. Раздел 1. Общие сведения о планарной технологии производства интегральных микросхем. Минимальный топологический размер (МТР) – основной показатель уровня технологии. Степень интеграции микросхем. Динамика МТР и степени интеграции, закон Мура. Перспективы развития планарной технологии. Раздел 2. Изготовление полупроводниковых пластин. Механическая обработка полупроводниковых материалов. Шлифование полупроводниковых материалов. Полирование полупроводниковых материалов. Травление полупроводников. Раздел 3. Способы получения р-п переходов. Диффузия. Ионная имплантация. Раздел 4. Технология получения эпитаксиальных слоев. Газофазная эпитаксия. Жидкостная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Раздел 5. Литографические процессы в производстве интегральных микросхем. Раздел 6. Металлизация в производстве интегральных микросхем. Методы нанесения тонких пленок в вакууме: вакуум-термический, термоионный, электронно-лучевой, ионно-плазменный. Раздел 7. Диэлектрические покрытия на кремнии. Термодинамика процесса окисления кремния. Формирование диэлектрических пленок методом осаждения. Получение МДП-структур. Раздел 8. Сборка и испытание ИМС-структур.

**Коды формируемых компетенций:** ОПК-1, 2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос, в том числе в форме круглого стола, зачет (6 семестр): экзамен (7 семестр).

### **Б1.В.ОД.5 Метрология, стандартизация и технические измерения**

#### **Цель изучения дисциплины.**

Целью освоения дисциплины “Метрология, стандартизация и технические измерения” является общенаучная подготовка бакалавров-физиков при изучении математических основ метрологии и метрологического обеспечения, теории погрешностей измерений, методов измерения электрических и неэлектрических величин, оценки качества измерений и средств измерений, метрологических процедур и алгоритмов их идентификации.

Сформировать прикладные навыки получения количественной информации об оценке состояния объектов исследования в результате измерительного эксперимента на базе как утвержденных традиционных методов с применением естественных эталонов, так и с помощью новых расчетных методов на аналитической основе и имитационного моделирования.

Приобрести опыт работы с современными методами и средствами измерений, включающих принципы метрологического синтеза измерительного процесса с алгоритмической адаптацией для математического расчета, анализа и статистического контроля качества программной продукции.

Ознакомить с нормативно-технической документацией, методами и правилами в области обработки экспериментальных данных, оценки точности измерений и нормирования точности параметров прикладного математического и наукоемкого информационного обеспечения производственно-технической деятельности, направленной на моделирование процессов и объектов предприятия.

Применять технологии и средства сопряжения метрологического оборудования с персональными компьютерами и со стандартными пакетами автоматизированного проектирования.

После освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- применять информационно-измерительные комплексы и системы, контрольно-измерительную и испытательную технику с целью регистрации и обработки статистических материалов, необходимых для расчетов и прикладных выводов в предметных областях;
- осуществлять нормализационный контроль технической документации и синтез результатов работ по метрологической аттестации, экспертизе и аудиту программного обеспечения средств измерения;
- реализовывать применяемые на предприятии документы по метрологическому обеспечению, стандартизации и сертификации при проведении экспериментов с составлением описания проводимых исследований и разработок в виде установленной на предприятии отчетности и утвержденным формам;
- анализировать прикладное математическое и информационное содержание процесса измерений с целью выбора правил принятия решения о его алгоритме в регламентированных документах условиях и интеграции с набором имеющихся априорных знаний для установления наиболее рациональной схемы их проведения;
- применять аттестованные методики выполнения измерений и контроля с использованием компьютерных технологий для планирования и проведения работ в системах математического обеспечения при исследовании и моделировании процессов и объектов предприятий на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования.

### **Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП).**

Курс является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

### **Структура дисциплины.**

Дисциплина состоит из тринадцати разделов. Раздел 1. Метрология и ее место среди других наук. Раздел 2. Физические величины (ФВ) как объект метрологии. Раздел 3. Качество измерений и способы его достижения. Раздел 4. Средства измерения (СИ): классы и модели. Раздел 5. Погрешности измерений. Раздел 6. Обеспечение единства измерений. Раздел 7. Электромеханические измерительные приборы Раздел 8. Преобразователи измеряемых величин Раздел 9. Измерение электрических величин Раздел 10. Регистрирующие приборы Раздел 11. Цифровые измерительные приборы (ЦИП) Раздел 12. Измерение магнитных величин. Преобразователи перемещений (ПП) Раздел 13. Измерения механических величин (сил и параметров движения). Измерение температуры и света

### **Основные образовательные технологии.**

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; практические занятия; индивидуальные занятия; контрольные работы. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной литературы, решение задач и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме консультирование менее подготовленных обучающихся более подготовленными); информационные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., работа с математическими пакетами).

### **Требования к результатам освоения дисциплины.**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-5, 7, 8; ПК-7

**Формы контроля.** Форма текущего контроля: собеседование, опрос, контрольная работа. Промежуточная аттестация - зачет.

## **Б1.В.ОД.6 Физические основы электроники**

### **Цели и задачи дисциплины:**

Цель дисциплины – формирование базовых знаний в области физики для объяснения устройства и принципов работы приборов современной электроники, включая вакуумную и плазменную электронику, твердотельную электронику, квантовую и оптическую электронику.

#### **Задачи дисциплины:**

- Изучение основных физических законов и явлений, лежащих в основе принципов работы и устройств вакуумной и плазменной электроники;
- Изучение основных физических законов и явлений лежащих в основе принципов работы полупроводниковых приборов электроники.
- Изучение основных физических законов и явлений лежащих в основе принципов работы приборов квантовой и оптической электроники.

В результате освоения дисциплины “Физические основы электроники1”

обучающийся должен:

*знать:*

- классификацию твердых тел на металлы, полупроводники, диэлектрики, с точки зрения зонной теории; основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока, особенности электронных свойств неупорядоченных и аморфных материалов;

- основы физики вакуума, плазмы и твердого тела, принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники, их конструкции, параметры и характеристики и методы их моделирования;

*уметь:*

- оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах электроники;

- обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники;

- применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники.

*владеть:*

- методами квантово – механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав электроники;

- методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники, современными программными средствами их моделирования и проектирования;

### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. .

Дисциплина “Физические основы электроники” основывается на дисциплинах модуля “Физика”, дисциплинах “Теоретические основы электротехники”, “Квантовая механика и статистическая физика”, “Физика конденсированного состояния”.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из двух разделов:

#### **1. Физические основы вакуумной и плазменной электроники.**

Вакуум, ионизованный газ, плазма, газовый разряд. Элементарные процессы при взаимодействии электронов и ионов. Упругие и неупругие соударения электронов с атомами и молекулами. Термоэлектронная, автоэлектронная, вторичная электронная, фотоэлектронная эмиссии. Ионно – плазменное распыление. Свойства плазмы. Элементарные процессы в плазме. Ионизация при электронном ударе. Термическая ионизация. Фотоионизация. Ступенчатые процессы при возбуждении и ионизации электронным ударом. Классификация разрядов. Несамостоятельный газовый разряд. Самостоятельный газовый разряд. Тлеющий разряд. Дуговой разряд. Искровой разряд. Коронный разряд. Газоразрядная плазма. Методы исследования плазмы. Плазма низкого и высокого давления.

#### **2. Физические основы полупроводников электроники.**

Основные свойства полупроводников. Кремний и германий: химические связи; кристаллическое строение; особенности зонной структуры; основные физико-

химические, электрические и оптические свойства, поведение примесей. Классификация полупроводниковых материалов по составу, внутреннему строению и свойствам. Собственный полупроводник и собственная электропроводность. Влияние примесей на электрические свойства полупроводников. Механизмы рассеяния носителей заряда. Температурная зависимость проводимости. Биполярная проводимость. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации носителей и температуры. Электропроводность полупроводников. Проводимость по распространенным и локализованным состояниям. Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Генерация и рекомбинация. Время жизни носителей заряда. Эффект Холла, магнетосопротивление и термоэлектрические явления. Электропроводность в сильном электрическом поле. Неравновесные состояния в полупроводниках, механизмы и параметры рекомбинации. Оптические и фотоэлектрические свойства полупроводников. Диэлектрики, поляризация, диэлектрическая проницаемость. Частотная зависимость. Пьезоэлектрики, пироэлектрики, сегнетоэлектрики.

**Форма текущей аттестации:** Контрольные работы, домашние задания, устный опрос, курсовая работа.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-7; ПК-1, 2, 5

### **Б1.В.ОД.7 Твердотельная электроника**

**Цели и задачи дисциплины:** Дисциплина формирует у обучающихся знания и умения, необходимые для освоения дисциплины Б3.В.ОД.7 Проектирование интегральных схем, а также при выполнении курсовых и дипломных работ. Для успешного освоения дисциплины необходимо знание дисциплин Б3.Б.9 Материалы электронной техники, Б3.Б.7 Физика конденсированного состояния.

Цель – формирования комплекса знаний и умений, необходимых для понимания физических основ функционирования приборов электроники, а также для моделирования их работы и проектирования конструкции.

Задачи дисциплины – изучение основ физики вакуума и плазмы, физических явлений и процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники; изучение физических процессов и законов, лежащих в основе принципов действия полупроводниковых приборов, и определяющих характеристики и параметры этих приборов; формирование навыков экспериментальных исследований и техники измерений характеристик и параметров полупроводниковых приборов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* основы физики вакуума, плазмы и твердого тела; принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники; их конструкции, параметры и характеристики и методы их моделирования;

*уметь:* применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и наноэлектроники.

*владеть:* методами экспериментальных исследований параметров и характеристик

материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и нанoeлектроники, современными программными средствами их моделирования и проектирования.

*приобрести опыт деятельности:* проектно-конструкторской, научно-исследовательской.

### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из пяти разделов. Раздел 1. Основы полупроводниковой электроники. Полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы и тиристоры. Полевые транзисторы и приборы с зарядовой связью. Разновидности полупроводниковых приборов, принцип действия, основные параметры и характеристики, области применения. SPICE-модели полупроводниковых приборов. Термоэлектрические и гальваномангнитные приборы и устройства. Силовые полупроводниковые приборы и приборы для работы при экстремальных температурах. Особенности интегральных полупроводниковых приборов. Оптимизация параметров приборов при SPICE-моделировании. Основы схемотехнического и топологического проектирования интегральных схем. Физические ограничения микроминиатюризации интегральных элементов. Физические основы короткоканальных эффектов в МДП-транзисторах. Приборы полупроводниковой СВЧ-электроники. RC и RLC-модели межсоединений. Лавинно-пролетные диоды и диоды Ганна. MeП-транзисторы на основе GaAs. HEMT-транзисторы. HBT-транзисторы. Si-Ge-технология. Усилители и генераторы микроволн на полупроводниковых диодах и транзисторах. Шумы в СВЧ приборах и устройствах. Раздел 2. Основы квантовой и оптической электроники. Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна; принцип работы мазеров и лазеров; инверсия населенностей; двух-, трех- и четырехуровневые схемы работы; методы накачки. Оптические резонаторы, их основные типы и характеристики; собственные типы колебаний – моды, Гауссовы пучки. Приборы оптического диапазона: газовые лазеры, их особенности и характеристики; газоразрядные лазеры на смеси гелия и неона; молекулярные лазеры; газодинамические лазеры; эксимерные лазеры. Твердотельные лазеры, их особенности и характеристики: рубиновый лазер, лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом, волоконные усилители и лазеры. Жидкостные лазеры на органических красителях. Полупроводниковые светодиоды и лазеры, их особенности и характеристики. Инжекционная электролюминесценция, условие инверсии в полупроводниках, квазиуровни Ферми. Активные материалы светодиодов и инжекционных лазеров. Гетеросветодиоды и гетеролазеры. Полупроводниковые фотоприемники: фоторезисторы, фотодиоды, p-i-n-фотодиоды и лавинные фотодиоды, солнечные фотоэлементы, фототранзисторы. Оптроны. Методы модуляции оптического излучения. Раздел 3. Основы вакуумной электроники. Виды электронной эмиссии. Эмиттеры свободных электронов. Устройства управления потоком электронов. Детектирование электронного потока. Электронные лампы. Вакуумные СВЧ-приборы: электронные лампы СВЧ, клистроны. Электронно-лучевые приборы. Фотоэлектронные приборы: вакуумные фотоэлементы, фотоэлектронные умножители. Раздел 4. Основы плазменной электроники. Типы электрических разрядов в газах. Вольт-амперная характеристика газового разряда. Критерий Таунсенда. Кривые Пашена. Синхротронное и циклотронное излучение. Пассивные и активные методы диагностики плазмы. Газоразрядные приборы. Раздел 5. Основы функциональной электроники. Приборы с зарядовой связью (ПЗС). Устройства на основе ПЗС. Линии задержки. Устройства преобразования изображения. Фильтры. Физические основы функциональной акустоэлектроники. Предмет акустоэлектроники. Типы поверхностных акустических

волн (ПАВ). Материалы акустоэлектроники. Способы возбуждения и управления ПАВ. Акустоэлектрический эффект. Приборы функциональной акустоэлектроники. Линии задержки. Фильтры. Акустооптические преобразователи изображения. Атенюаторы. Фазовращатели. Функциональные устройства на основе отрицательного объемного сопротивления. ОДП и ОДС. Диоды с S-образной ВАХ. Функциональные устройства на основе S-диодов.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-7; ПК-2, 5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос, курсовая работа. Промежуточная аттестация – дифференцированный зачет (бсеместр); экзамен (7 семестр).

### **Б1.В.ОД.8 Нанозлектроника**

**Цели и задачи дисциплины:** Цель дисциплины состоит в формировании систематических знаний и фундаментальных принципов, определяющих структуру квантовых низкоразмерных систем, а также в изучении явлений и процессов в наноструктурах, используемых при разработке приборов нанозлектроники. При изучении курса ставятся следующие основные задачи: получение представлений о физических идеях и принципах современной нанозлектроники; формирование комплекса теоретических знаний о физических свойствах нанозлектронных систем, важнейших физических процессах и явлениях, составляющих фундаментальную основу нанозлектроники; знакомство с существующими моделями, теориями различных физических явлений и основными областями применения нанозлектронных структур.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанозлектроника, для ее усвоения требуются знания, формируемые в рамках курсов квантовой механики и статистической физики, физических основ электроники, материалов электронной техники.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из восьми разделов. Раздел 1. Введение. Размерное квантование. Основные типы наноструктур и их квантово-механические модели. Квантовый конфайнмент и размерность электронной системы. Размерное квантование. Условия наблюдения квантово-размерных эффектов. Элементарные наноструктуры: квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки, полупроводниковые сверхрешетки и их квантово-механические модели. Раздел 2. Электронные свойства квантовых наноструктур. Энергетический спектр и волновые функции двумерного (2D), одномерного (1D) и нульмерного (0D) электронного газа. Описание электронных состояний методом огибающей. Основные типы и энергетический спектр сверхрешеток. Модулированное легирование. Полевые транзисторы на электронах с высокой подвижностью. Статистика носителей заряда в системах пониженной размерности. Размерная осцилляция плотности квантовых состояний и физических свойств 2D- электронного газа. Раздел 3. Кинетические эффекты в наноструктурах; Квантовый эффект Холла. Кинетические явления в двумерных структурах и сверхрешетках. Квантование Ландау и осцилляции Ванье - Штарка. Целочисленный квантовый эффект Холла (ЦКЭХ). Условия наблюдения и результаты эксперимента. Проявление мировых постоянных ( $e$ ,  $h$ ). Эффекты локализации и их роль в ЦКЭХ. Аргументы Лафлина. Дробный квантовый эффект Холла и его интерпретация. Структура квантовой жидкости как основного сильно коррелированного состоя-

ния двумерного электронного газа в сильном магнитном поле и свойства ее элементарных возбуждений. Дробные заряды и композитные фермионы. Раздел 4. Интерференционные и мезоскопические эффекты в наноструктурах. Баллистический транспорт. Мезоскопические системы. Транспорт носителей в узких каналах и квантование проводимости. Квантовый точечный контакт. Роль контактов для наноструктур. Квантово-интерференционные явления и учет мезоскопических эффектов. Баллистический транспорт. Приборы на основе баллистического транспорта. Раздел 5. Оптические свойства квантовых наноструктур. Гетеролазеры на квантовых ямах и квантовых точках. Оптика квантовых структур. Вероятность перехода в поле электромагнитной волны. Правила отбора. Возможность управления оптическими параметрами в широких пределах. Фотонные кристаллы. Возможность реализации лазерной генерации в непрерывном режиме при комнатной температуре. Каскадные лазеры на междузонных переходах в системе квантовых ям и квантовых точек. Раздел 6. Резонансное туннелирование и приборы на его основе. Вывод условий для реализации туннелирования с единичной вероятностью. Эффект резонансного туннелирования в двухбарьерной структуре с квантовой ямой и в многобарьерных квантовых структурах. ВАХ двух- и многобарьерных структур. Приборы на основе резонансного туннелирования. Раздел 7. Туннелирование в условиях кулоновской блокады. Одноэлектроника. Запирание туннельного тока за счет увеличения кулоновской энергии системы при добавлении одного электрона. Условия наблюдения эффекта. ВАХ асимметричного туннельного контакта без затвора. Механизм образования ступеней. Одноэлектронный транзистор. Устройства на основе одноэлектронных транзисторов. Новые типы электронных схем. Раздел 8. Магнитные наноструктуры. Спинтроника. Перспективы нанoeлектроники. Гигантское магнетосопротивление наноструктур, состоящих из чередующихся магнитных и немагнитных слоев; элементы записи, хранения и считывания информации. Инжекция спиновых токов как основа нового класса приборов; квантовый компьютер.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки: ОПК-2, 7; ПК-1

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: отчеты по лабораторным работам, опрос. Промежуточная аттестация - экзамен.

### **Б1.В.ОД.9 Основы проектирования электронной компонентной базы**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Формирование знаний и умений, необходимых для автоматизированного проектирования электронной компонентной базы. Изучение и освоение современных методов и маршрутов проектирования, средств и способов автоматизации процесса проектирования. Формирование и закрепление навыков проектирования с использованием современных программных языков описания и проектирования электронной компонентной базы.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:** общую характеристику процесса проектирования, восходящее и нисходящее проектирование, методы и этапы проектирования;

**уметь:** выбирать и описывать модели электронной компонентной базы на различных этапах проектирования с учетом выбранного маршрута проектирования; работать с техническими и программными средствами реализации процессов проектирования;



**владеть:** навыками использования технических и программных средств реализации процессов проектирования; языками описания и проектирования современной электронной компонентной базы.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из семи разделов. Раздел 1. Общая характеристика процесса проектирования. Раздел 2. Маршруты и этапы проектирования. Раздел 3. Средства автоматизированного проектирования. Раздел 4. Модели компонентов электронных схем. Раздел 5. Автоматизация функционально-логического и схемотехнического проектирования электронных схем. Раздел 6. Автоматизация топологического проектирования электронной компонентной базы. Раздел 7. Языки проектирования высокого уровня.

**Коды формируемых компетенций:** ОПК-7, 9; ПК-5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация – зачет.

### **Б1.В.ОД.10 Теоретические основы электротехники**

#### **Цель изучения дисциплины.**

Основной задачей изучения дисциплины «Теоретические основы электротехники» является формирование у обучающихся основных понятий и положений теории электрического и магнитного полей, теории цепей; освоение качественных, аналитических, экспериментальных и численных методов временного и частотного анализа процессов в линейных и нелинейных цепях.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей, методы анализа цепей постоянного и переменного тока в стационарных и переходных режимах, энергетические соотношения в цепях постоянного и переменного тока.

**Уметь:** применять методы временного и частотного анализа цепей для нахождения реакции на различные виды воздействий, производить оценку энергетических показателей устройств, определять параметры режимов и схем замещения устройств.

**Владеть:** терминологией теории электрического и магнитного полей; теории электрических и магнитных цепей, методами качественного анализа цепей, прикладными программами расчета и моделирования электрических цепей.

#### **Место дисциплины в модульной структуре ООП.**

Курс является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Структура дисциплины.**

Дисциплина состоит из восьми разделов. Раздел 1. Введение. Электростатика. Раздел 2. Электрические цепи постоянного тока. Раздел 3. Магнитное поле. Раздел 4. Электрические цепи при гармонических воздействиях. Раздел 5. Переходные процессы в линейных электрических цепях. Раздел 6. Четырехполюсники. Раздел 7. Нелинейные цепи. Раздел 8. Современные методы расчета электрических цепей.

**Требования к результатам освоения дисциплины.**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-3; ПК-5.

**Формы контроля:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты. Промежуточная аттестация – зачет (3 семестр), экзамен (4 семестр), курсовая работа (4 семестр).

**Б1.В.ОД.11 Инженерная и компьютерная графика****Цели и задачи дисциплины:**

Целью данной дисциплины является введение обучающихся в круг современных методов и средств создания и обработки изображений с помощью программно-аппаратных вычислительных комплексов.

Основные задачи курса: освоение базовых понятий и методов компьютерной графики; изучение популярных графических программ и издательских систем; приобретение навыков подготовки изображений к публикации, в том числе и в электронном виде; овладение основами компьютерного дизайна; знакомство с различными сферами применения методов и средств компьютерной графики в современном обществе.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* достоинства и недостатки различных видов компьютерной графики, цветовые модели, палитры, форматы хранения графики с возможностью применения различных алгоритмов сжатия, возможности современных редакторов.

*уметь:* применять средства компьютерной графики для оформления научно-исследовательских, бакалаврских работ, для визуализации данных, полученных в профессиональной деятельности.

*владеть:* навыками работы в растровых и векторных редакторах графики.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника. Для освоения данной дисциплины требуются знания, умения и компетенции формируемые в рамках школьного курса информатики и математики.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из семи разделов. Раздел 1. Области применения компьютерной графики. Раздел 2. Растровая, векторная и фрактальная графика. Раздел 3. Цветовые модели. Раздел 4. Форматы хранения графической информации. Раздел 5. Растровые, векторные редакторы, программы верстки. Раздел 6. Аппаратные средства компьютерной графики. Раздел 7. Инженерная и компьютерная графика в профессиональной деятельности.

**Коды формируемых компетенций:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-4; ПК-6

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация - экзамен.

### **Б1.В.ОД.12 Схемотехника**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Целью освоения дисциплины является формирование представления об основах построения, функционирования, и методах проектирования цифровых ИС, научить анализировать их структуру, выполнять синтез цифровых автоматов по заданному логическому описанию их поведения и использовать цифровые технологии для реализации микро– и наноэлектронных вычислительных устройств.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* логические и схемотехнические основы цифровых технологий, методы описания режимов функционирования логических элементов и функциональных блоков цифровых устройств, а также основные приемы их схемотехнической реализации;

*уметь:* использовать карты минтермов для минимизации логических выражений, выполнять оптимальное проектирование функциональных блоков ЦУ К– и П–типа, использовать словарные преобразования при построении цифровых автоматов;

*владеть:* навыками выбора и построения оптимальных структурных схем ЦУ при выполнении заданных требований ТЗ.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Для освоения данной дисциплины требуются знания, умения и компетенции, формируемые в рамках курсов математики и электронной техники.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из шести разделов. Раздел 1. Введение. Основы булевой алгебры. Раздел 2. Типы и параметры логических элементов. Раздел 3. Цифровые структуры комбинационного типа. Раздел 4. Цифровые структуры последовательностного типа. Раздел 5. Запоминающие устройства. Раздел 6. Микропроцессорные системы.

#### **Коды формируемых компетенций:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-3; ПК-5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация – экзамен, курсовая работа (7 семестр).

### **Б1.В.ОД.14 Системы автоматизированного проектирования интегральных схем**

**Цель изучения дисциплины** «Проектирование интегральных схем» заключается в формировании комплекса знаний в области современных средств и методов разработки как отдельных элементов ИС так и законченных микроэлектронных блоков и узлов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** принципы и методы выбора форм и размеров элементов современных микросхем, средства разработки конструкций перспективных микросхем и оценки их показателей качества с учетом действия дестабилизирующих факторов.

**Уметь:** обосновать форму отдельных элементов, выполнять необходимые проектные расчёты конструкций, принимать обоснованные решения по компоновке кристаллов.

**Владеть:** современными подходами к схемотехническому и топологическому этапам проектирования.

**Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП).** Курс является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

### **Структура дисциплины.**

Дисциплина состоит из шести разделов. Раздел 1. Введение. Классификация микросхем. Раздел 2. Типовые элементы современных микросхем. Раздел 3. Компьютерные средства проектирования. Раздел 4. Маршрут проектирования. Раздел 5. Схемотехника цифровых микросхем. Раздел 6. Схемотехника базовых структур аналоговых ИС. Раздел 7. Топологическая реализация схемотехнических решений. Раздел 8. Особенности проектирования субмикронных микросхем

### **Требования к результатам освоения дисциплины.**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО и ООП ВПО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-6; ПК-1

**Формы контроля.** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты. Промежуточная аттестация – дифференцированный зачет (8 семестр).

### **Б1.В.ДВ.1.1 Специальный физический практикум по полупроводниковым приборам**

**Цели и задачи дисциплины:** Дисциплина формирует у обучающихся знания и умения, которые облегчают и улучшают освоение дисциплин Теоретические основы электротехники, Физические основы электроники, Твердотельная электроника, а также формируют навыки, необходимые для самостоятельной практической работы обучающихся в области электроники.

Цель – изучение основных типов полупроводниковых приборов, их конструкции, принципа работы, назначения и особенностей измерения основных параметров.

Задачи дисциплины – экспериментальное исследование ВАХ п/п диодов и транзисторов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* принципы работы, конструкцию, параметры и назначение п/п диодов, МОП-транзисторов и биполярных транзисторов.

*уметь:* анализировать ВАХ п/п приборов.

*владеть:* навыками изготовления печатных плат, монтажа радиоэлементов, измерения ВАХ п/п приборов

*приобрести опыт деятельности:* проектно-конструкторской, научно-исследовательской.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из семи разделов. Раздел 1. Основы классификации полупроводниковых приборов: Типы п/п приборов. Буквенно-цифровой код обозначения п/п приборов. Условные графические обозначения п/п приборов. Раздел 2. Основы технологии изготовления печатных плат: Общие сведения о печатных платах: виды печатных плат, требования к печатным платам. Изготовление печатных плат: химические и механические методы воспроизведения топологии токопроводящего слоя. Монтаж печатных плат: монтаж в отверстия, поверхностный монтаж. Раздел 3. Изучение полупроводникового диода. Примесная проводимость полупроводника. P-n-переход. Прямая и обратная ветви ВАХ диода. Осциллограмма однополупериодного выпрямителя. Раздел 4. Изучение статических вольтамперных характеристик биполярного транзистора: Устройство и принцип работы биполярного транзистора. Режимы работы биполярного транзистора: активный режим, инверсный режим, режим насыщения, режим отсечки. Схемы включения биполярного транзистора с общим эмиттером, с общей базой, с общим коллектором. Статические характеристики биполярного транзистора: входная, выходная, передаточная. Раздел 5. Изучение статических вольтамперных характеристик МДП-транзистора. Устройство и принцип работы МДП транзистора. Режимы работы МДП транзистора: активный режим, инверсный режим, режим насыщения, режим отсечки. Схемы включения МДП транзистора с общим истоком, с общим затвором, с общим стоком. Статические характеристики МДП транзистора: входная, выходная, передаточная. Раздел 6. Изучение вольтамперной характеристики светоизлучающего диода: Физические основы электролюминесценции. Электрическая схема включения светодиода с токоограничивающим резистором. ВАХ светодиода. Расчет сопротивления токоограничивающего резистора. Раздел 7. Изучение вольтамперной характеристики фотодиода. Принцип работы фотодиода. Фотогальванический и фотодиодный режим включения фотодиода. Электрическая схема включения фотодиода с нагрузочным резистором. ВАХ фотодиода. Выбор оптимального сопротивления нагрузочного резистора.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-5; ПК-2, 5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос. Промежуточная аттестация - зачет.

### **Б2.В.ДВ.1.2 Специальный физический практикум по физике полупроводников**

**Цели и задачи дисциплины:** Цель дисциплины – закрепить на практике знания, полученные в рамках курса физики полупроводников. Дисциплина позволяет практически оценить основные эффекты, свойственные полупроводниковым материалам, а также знакомит с основными процессами, протекающими в полупроводниках под воздействием внешних полей.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Практикум

состоит из шести лабораторных работ. Лабораторная работа №1. Определение типа проводимости полупроводника. Лабораторная работа №2. Определение удельного сопротивления полупроводников четырехзондовым методом. Лабораторная работа №3. Изучение выпрямляющих свойств электронно-дырочного перехода. Лабораторная работа №4. Внутренний фотоэффект в полупроводниках. Лабораторная работа №5. Измерение параметров полупроводников с помощью эффекта Холла. Лабораторная работа №6. Изучение эффекта Пельтье в полупроводниках.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-5; ПК-2, 5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос. Промежуточная аттестация - зачет.

### **Б1.В.ДВ.2.1 Информатика и программирование**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Цель дисциплины состоит в получении базовых представлений об основах объектно-ориентированного программирования на базе языка C++.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* парадигму ООП, синтаксические конструкции языка (конструкторы, деструкторы, перегрузку функций и операций, и т.д.), понятие о наследовании и полиморфизме, стандартную библиотеку шаблонов (STL).

*уметь:* применять полученные знания при создании программных продуктов для учебной и профессиональной деятельности.

*владеть:* навыками работы с современными средами создания объектно-ориентированных программ, средствами компилирования, компоновки и отладки.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и микроэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из шести разделов.

Раздел 1. Особенности языка C++. Объектно-ориентированное программирование. Классы и объекты.

Раздел 2. Работа с динамической памятью. Указатели и ссылки.

Раздел 3. Перегрузка функций и операторов. Преобразования типов.

Раздел 4. Наследование. Виртуальные функции. Абстрактные классы. Множественное наследование.

Раздел 5. Параметризованные типы и функции.

Раздел 6. Обработка исключительных ситуаций. Классы потоков.

#### **Коды формируемых компетенций:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-6, 9; ПК-1, 3

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация - экзамен (2 семестр).

### **Б2.В.ДВ.2.2 Операционные системы и языки**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Цель дисциплины состоит в получении базовых представлений об основах объектно-ориентированного программирования на базе языка C++.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* парадигму ООП, синтаксические конструкции языка (конструкторы, деструкторы, перегрузку функций и операций, и т.д.), понятие о наследовании и полиморфизме, стандартную библиотеку шаблонов (STL).

*уметь:* применять полученные знания при создании программных продуктов для учебной и профессиональной деятельности.

*владеть:* навыками работы с современными средами создания объектно-ориентированных программ, средствами компилирования, компоновки и отладки.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из шести разделов.

Раздел 1. Особенности языка C++. Объектно-ориентированное программирование. Классы и объекты.

Раздел 2. Работа с динамической памятью. Указатели и ссылки.

Раздел 3. Перегрузка функций и операторов. Преобразования типов.

Раздел 4. Наследование. Виртуальные функции. Абстрактные классы. Множественное наследование.

Раздел 5. Параметризованные типы и функции.

Раздел 6. Обработка исключительных ситуаций. Классы потоков.

#### **Коды формируемых компетенций:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-9; ПК-1, 3

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация - зачет (2 семестр).

### **Б1.В.ДВ.3.1 Введение в интегральную электронику и наноэлектронику**

**Цели и задачи дисциплины:** Дисциплина формирует у обучающихся знания и умения, которые облегчают и улучшают освоение дисциплин Квантовая механика и статистическая физика, Электротехника и электроника, Твердотельная электроника, Физические основы электроники. Для лучшего восприятия теоретического материала служат дисциплины Специальный физический практикум по полупроводниковым приборам, Специальный физический практикум по физике полупроводников.

Цель – Знакомство с основными понятиями дисциплин специализации, подготовка обучающихся к освоению дисциплин специализации, формирование целостного восприятия профессионального цикла дисциплин и осознания взаимосвязей между различными дисциплинами.

Задачи дисциплины – изучение технологических основ интегральной электроники, основных понятий физики полупроводников, основных типов полупроводниковых приборов, этапов проектирования интегральных схем, физических основ нанoeлектроники.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* основные технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов, основные типы полупроводниковых приборов, принципы их работы и сферы применения; этапы проектирования интегральных схем; классификацию низкоразмерных объектов.

*уметь:* анализировать ВАХ полупроводниковых приборов.

*владеть:* представлениями о взаимосвязи дисциплин специализации, о полном цикле изготовления интегральных схем.

*приобрести опыт деятельности:* проектно-конструкторской, научно-исследовательской.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из девяти разделов. Раздел 1. Введение: Предмет микро- и нанoeлектроники. Обзор профессиональных дисциплин специализации. Раздел 2. Технологические основы интегральной электроники: Полупроводниковые материалы электроники. Получение и подготовка п/п пластин. Литографические процессы. Диффузия и ионная имплантация. Получение тонких пленок: методы физического и химического осаждения из газовой фазы. Раздел 3. Физические основы микроэлектроники. Энергетический спектр кристалла, собственная и примесная проводимость полупроводников. Электронно-дырочный переход. Генерационно-рекомбинационные процессы. Контактные явления в полупроводниках. Раздел 4. Полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы. Полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, МДП-транзисторы. Полупроводниковые интегральные схемы. Межэлементная изоляция. КМОП интегральные схемы. Трехмерные интегральные схемы. Раздел 5. Этапы проектирования интегральных схем. Этап логического проектирования цифровых ИС: таблица истинности, минтермы и макстермы, карты Карно, построение структурной схемы в заданном базисе. Схемотехническое проектирование цифровых ИС: логические элементы КМОП ИС. Проектирование топологии логических элементов цифровых ИС. Раздел 6. Физические основы нанoeлектроники. Квантоворазмерные эффекты и виды низкоразмерных объектов. Энергетический спектр низкоразмерных объектов. Резонансный туннельный эффект. Кулоновская блокада туннелирования. Гигантское магнитосопротивление. Раздел 7. Материалы нанoeлектроники. Углеродные наноматериалы: фуллерены, нанотрубки, графен. Полупроводниковые гетероструктуры, сверхрешетки. Бионаноматериалы. Раздел 8. Методы контроля и формирования нанобъектов. Сканирующая зондовая микроскопия и зондовые нанотехнологии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Самоорганизация. Нанолитография: экстремальная ультрафиолетовая литография, электронно-лучевая литография, рентгенолитография, ионолитография, импринт-литография. Плазменные нанотехнологии. Раздел 9. Приборы нанoeлектроники. Резонансно-туннельный диод. ГМЭП-транзисторы. Одноэлектронные приборы. Спиновые транзисторы. Устройства молекулярной электроники.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОК-7; ОПК-7



**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос. Промежуточная аттестация - зачет (2 семестр).

### **Б1.В.ДВ.3.2 Введение в языки проектирования аппаратуры**

**Цели и задачи дисциплины:** Дисциплина формирует у студентов знания и умения, полезные для освоения дисциплин Системы автоматизированного проектирования ИС, Микросхемотехника, а также при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ.

Цель – знакомство с основными понятиями дисциплин специализации, подготовка обучающихся к освоению дисциплин специализации, формирование целостного восприятия профессионального цикла дисциплин и осознания взаимосвязей между различными дисциплинами.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* основные процессы изготовления полупроводниковых приборов, основные типы полупроводниковых приборов, принципы их работы и сферы применения; этапы проектирования интегральных схем; классификацию низкоразмерных объектов.

*уметь:* анализировать ВАХ полупроводниковых приборов.

*владеть:* представлениями о взаимосвязи дисциплин специализации, о полном цикле изготовления интегральных схем.

*приобрести опыт деятельности:* проектно-конструкторской, научно-исследовательской.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Введение. Назначение языков проектирования аппаратуры (HDL). Обзор основных HDL, HDL-компиляторы. Основы языка VHDL. Параллельное и последовательное выполнение операторов. Понятие процесса в VHDL. Присваивание с задержкой. Структура VHDL-модели: интерфейс и архитектура. Поведенческое и структурное описание модели в VHDL. Типы данных в VHDL. Атрибуты VHDL-сигналов. Операторы ветвления и циклов в VHDL. Оператор generate. Процедуры и функции. Драйверы сигнала, реализация монтажного ИЛИ. Функциональная верификация VHDL-описания. Особенности языка VHDL-AMS. Данные типа quantity. Простые quantity, across quantity, through quantity. Задание узлов terminal. Запись уравнений при помощи выражений simultaneous statement и simultaneous if statement. Задание начальных условий, оператор break. Связь между цифровой и аналоговой частью модели. Основы языка Verilog. Понятие процесса в Verilog, блокирующее и неблокирующее присваивание. Описание модуля в Verilog. Виды сигналов в Verilog: цепи и регистры. Операторы языка Verilog. RTL-описание цифровых ИС. Понятие синтезруемости HDL-описания. Синтезируемые подмножества языков VHDL и Verilog. Типовые поведенческие синтезируемые формы. RTL-синтез цифровой ИС по HDL-описанию.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-6; ПК-5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос. Промежуточная аттестация - зачет (2 семестр).

## **Б1.В.ДВ.4.1 Элементы теории электрических цепей**

**Цель изучения дисциплины.** Целью преподавания дисциплины «Основы теории электрических цепей», является изучение основных понятий, определений и законов, которые широко используются во всех последующих специальных дисциплинах. Изучение курса направлено на глубокое понимание и знание аналитических и численных методов, которые описывают процессы в электрических цепях аналоговых систем. Курс предназначен также для получения знаний по решению практических задач, возникающих в процессе использования совершенного телекоммуникационного оборудования.

В результате освоения дисциплины студент должен:

*знать:* основы теории, методы и средства теоретического и экспериментального исследования линейных и нелинейных (в режимах постоянного тока и гармонических колебаний) электрических цепей при гармонических и негармонических воздействиях; основы теории четырехполюсников и цепей с распределенными параметрами, устойчивости электрических цепей с обратной связью, электрических аналоговых фильтров.

*уметь:* рассчитывать и измерять параметры и характеристики линейных и нелинейных (в режимах постоянного тока и гармонических колебаний) электрических цепей;

*владеть:* навыками экспериментального исследования электрических цепей в рамках физического и математического моделирования.

### **Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП).**

Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

### **Структура дисциплины.**

Основные понятия, определения и законы теории электрических цепей. Электрическая цепь (ЭЦ), электрический ток, электрическое напряжение, энергия, мощность. Основы классификаций цепей. Линейные и нелинейные электрические цепи. Принцип суперпозиции. Модель и схемы ЭЦ. Активные и пассивные элементы ЭЦ. Основные понятия топологии ЭЦ. Законы Кирхгофа. Последовательное и параллельное соединение элементов ЭЦ.

Методы анализа ЭЦ. Метод эквивалентных преобразований, метод наложения, метод узловых напряжений, метод контурных токов. Основные теоремы ЭЦ: замещения взаимности, об эквивалентном генераторе.

Основы теории четырехполюсников. Четырехполюсники и их классификация. Уравнения передачи, параметры и матрицы параметров четырехполюсников. Соединения четырехполюсников. Характеристические и рабочие параметры. Режимы работы.

Частотные характеристики ЭЦ. Комплексные входные и передаточные функции ЭЦ. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики. Резонанс напряжений в последовательном колебательном контуре. Резонанс токов в параллельном колебательном контуре.

Электрические цепи с обратной связью (ОС). Передаточная функция цепи с ОС, положительная и отрицательная ОС, петлевое усиление. Устойчивость линейных цепей с ОС. Критерий Найквиста.

Цепи с распределенными параметрами. Однородные длинные линии, первичные параметры. Телеграфные уравнения линии. Падающие и отраженные волны в длинных линиях, вторичные параметры. Распределение комплексных напряжений и токов в линии. Коэффициент отражения, входное сопротивление. Линии с пренебрежимо малыми

потерями. Режим бегущих волн, режим стоячих волн, режим смешанных волн в линии без потерь.

Нелинейные резистивные цепи. Вольтамперные характеристики типовых нелинейных двухполюсных элементов. Аппроксимация ВАХ нелинейного резистивного двухполюсника степенным полиномом, отрезками прямых линий, экспоненциальными функциями. Анализ резистивной цепи с одним нелинейным двухполюсником в режиме постоянного тока. Нахождение рабочей точки по однозначной и многозначной ВАХ. Статистические и дифференциальные параметры. Анализ нелинейной ЭЦ при гармоническом воздействии. Режим малых и больших колебаний. Спектры реакций нелинейного резистивного элемента при полиномиальной и линейно-ломаной ВАХ. Коэффициент нелинейности.

### **Требования к результатам освоения дисциплины.**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-3; ПК-5

**Формы контроля.** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты. Промежуточная аттестация – дифференцированный зачет.

## **Б1.В.ДВ.4.2 Теоретические основы радиоэлектроники**

### **Цель изучения дисциплины.**

Цель изучения дисциплины «Теоретические основы радиоэлектроники» заключается в формировании комплекса знаний в области преобразования, передачи и регистрации электрических сигналов; принципов функционирования и методов проектирования радиоэлектронных устройств.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные понятия и законы теории электрических цепей, свойства электрических сигналов, принцип действия и структуру устройств усиления, генерирования и преобразования сигналов.

Уметь: применять методы временного и частотного анализа устройств усиления, генерирования и преобразования сигналов.

Владеть: терминологией теории электрических, методами качественного и количественного анализа радиоэлектронных устройств, навыками использования прикладных программ моделирования электронных схем.

### **Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП).**

Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

### **Структура дисциплины.**

Дисциплина состоит из шести разделов. Раздел 1. Линейные электрические цепи. Методы анализа. Раздел 2. Основы теории электрических сигналов. Раздел 3. Усиление электрических сигналов. Раздел 4. Элементы теории обратной связи. Раздел 5. Генерирование электрических колебаний. Стабилизация частоты. Раздел 6. Преобразование электрических сигналов.

### **Требования к результатам освоения дисциплины.**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки: ОПК-3; ПК-5

**Формы контроля.** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты. Промежуточная аттестация – дифференцированный зачет.

### **Б1.В.ДВ.5.1 Углеродные материалы в электронике**

**Цели и задачи дисциплины:** Цель курса - сформировать цельное представление об углеродных наноматериалах, их получения и свойствах, пробудить интерес к этой быстроразвивающейся области современных информационных технологий.

Основная задача дисциплины – показать преимущества углеродных наноматериалов при создании компьютеров нового поколения и моделирования нейронных сетей.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из девяти разделов. Раздел 1. Введение: Виды углеродных материалов. Раздел 2. Получение углеродных наноматериалов. Дуговой метод для получения фуллеренсодержащей сажи. Пиролитический метод для получения нанотрубки содержащей сажи. Раздел 3. Структура углеродных наноматериалов. Строение молекулы C<sub>60</sub> и C<sub>70</sub>, высших фуллеренов. Структура УНТ. Раздел 4. Методы очистки фуллеренов и УНТ. Выпаривание фуллеренсодержащей сажи. Каталитический метод. Раздел 5. Методы детектирования фуллеренов. Спектральный анализ. Высокорастворимая жидкостная хроматография. Раздел 6. Свойства фуллеренов и УНТ. Основные свойства. Эндоздральные комплексы фуллеренов. Соединения фуллеренов. Сверхпроводящие свойства фуллеренов и углеродных нанотрубок. Сверхтонкие углеродные нанотрубки. Упругие свойства углеродных нанотрубок. Раздел 7. Применение фуллеренов и УНТ. Фуллерены в медицине. Применение фуллеренов для хранения водорода. Использование фуллеренов для создания смазочных материалов с уникальными свойствами. Легирование композиционных материалов фуллеренами. Усиление полимеров углеродными нанотрубками. Использование нанотрубок в наноэлектронике – ячейки памяти на основе углеродных нанотрубок. Использование нанотрубок для хранения водорода и других газов. Создание наноразводки из УНТ. Биосенсоры на основе нанотрубок. Излучающие свойства нанотрубок.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-2; ПК-1

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос. Промежуточная аттестация - экзамен.

### **Б1.В.ДВ.5.2 Компьютерное моделирование в микро- и наноэлектронике**

**Цели и задачи дисциплины:** получение студентами необходимых знаний и навыков в применении компьютерных технологий при формировании представлений и знаний о методах математического моделирования процессов в микро- и наноэлектронике, принципах построения и функционирования систем математического моделирования физических и технологических процессов. Основной задачей спецкурса является усвоение студентами методологии компьютерного моделирования, методики построения моделей различных физических и технологических процессов и синтеза сложных математических моделей на базе элементарных моделей.

Студенты должны быть готовы использовать полученные в этой области знания, как при изучении смежных дисциплин, так и в профессиональной деятельности, в частности при проектировании, реализации и применении изделий микроэлектроники и нанoeлектроники.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:*

- основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексной переменной, теории вероятностей и математической статистики, дискретной математики;
- технологию работы на ПК в современных операционных средах, основные методы разработки алгоритмов и программ, структуры данных, используемые для представления типовых информационных объектов, типовые алгоритмы обработки данных;
- физические и физико-химические основы технологии производства изделий электроники и нанoeлектроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы;

*уметь:*

- применять математические методы, физические и химические законы для решения практических задач;
- применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники;

*владеть:*

- навыками критического восприятия информации;
- методами решения дифференциальных и алгебраических уравнений, дифференциального и интегрального исчисления, аналитической геометрии, теории вероятностей и математической статистики, математической логики, функционального анализа;
- методами построения современных проблемно-ориентированных прикладных программных средств;
- современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;
- новыми технологиями, обеспечивающими эффективность проектов, технологических процессов;
- методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и нанoeлектроники, современными программными средствами их моделирования и проектирования;
- навыками работы с информационными базами данных об отечественных и зарубежных электронных компонентах, приемами ввода электронных схем в ПК с помощью стандартных графических пакетов.

Данная дисциплина является предшествующей для таких дисциплин профессионального цикла как «Основы технологии электронной компонентной базы», «Проектирование интегральных схем». Знания, полученные при освоении дисциплины «Компьютерное моделирование в микро- и нанoeлектронике», необходимы при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы в области микроэлектроники и нанoeлектроники.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

Дисциплина базируется на курсах дисциплин, изучаемых в образовательных программах бакалавриата: «Математика», «Физика», «Информатика», «Физические основы электроники», «Основы технологии интегральных схем».

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из пяти разделов. Раздел 1. Принципы компьютерного моделирования в микроэлектронике. Физическое и математическое моделирование процессов в микроэлектронике как инструмент оптимизации параметров ИС и фундамент современных компьютерных систем компьютерного моделирования в микроэлектронике. Раздел 2. Компьютерное моделирование процесса термического окисления и сегрегации примесей при окислении. Кинетика термического окисления. Одномерная модель Дила-Гроува. Модель Массуда. Зависимость параметров окисления кремния от режимов и параметров подложек. Окисление поликремния. Компьютерное моделирование локального окисления. Численное моделирование структуры «птичий клюв». Моделирование сегрегации примеси на границе раздела  $\text{SiO}_2\text{-Si}$  Раздел 3. Компьютерное моделирование процесса термической диффузии. Уравнения диффузии Фика. Аналитические методы расчета диффузионных профилей на основе второго уравнения Фика. Диффузия в неограниченном теле с произвольным начальным распределением примеси. Компьютерное моделирование диффузии в полуограниченном теле с отражающей и связывающей границами. Диффузия из постоянного (бесконечного) источника в полуограниченное тело. Диффузия из слоя конечной толщины с отражающей границей и равномерным начальным распределением примеси. Диффузия из бесконечно тонкого слоя заданной мощности в полуограниченное тело. Диффузия из примесного слоя с начальным erfс-распределением. Компьютерное моделирование диффузии из ограниченного твердого тела со связывающими границами при равномерном начальном распределении примеси. Диффузия в ограниченное тело из постоянного (бесконечного) источника. Компьютерное моделирование многомерных задач диффузии примеси в твердом теле. Диффузия под край окисной маски, диффузия через щель в окисной маске. Диффузия через прямоугольное окно в прямоугольной маске. Аналитическая модель диффузионного перераспределения в окислительной среде. Численное моделирование задач диффузии в инертной и окислительной средах методом конечных разностей. Методы аппроксимации второго уравнения Фика, граничных и начальных условий. Раздел 4. Компьютерное моделирование ионной имплантации. Основы теории ЛШШ. Энергетические потери ускоренных ионов в аморфном твердом теле. Средний полный пробег, средний нормальный пробег и страгглинг нормального пробега ускоренных ионов в твердом теле. Компьютерное моделирование одномерных распределений ионно-имплантированных примесей в однородной аморфной мишени. Метод Монте-Карло. Метод кинетического уравнения Больцмана. Гауссовские распределения: усеченная и неусеченная гауссианы. Сопряженная гауссиана. Распределение Пирсон-4. Компьютерное моделирование распределений ионно-имплантированных примесей в разориентированных кристаллических мишенях. Компьютерное моделирование многомерных задач распределений ионно-имплантированных примесей. Построение распределений ионно-имплантированных примесей в многослойных структурах. Компьютерное моделирование диффузионного перераспределения ионно-имплантированных примесей. Раздел 5. Компьютерные методы расчетов легированных структур. Компьютерные методы моделирования электрофизических параметров. Методы моделирования распределений тепловых, электростатических, электромагнитных и других полей. Компьютерные методы расчетов параметров диффузионных структур. Компьютерные методы расчетов параметров ионно-имплантированных структур.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки: ПК-1

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос. Промежуточная аттестация - экзамен.

### **Б1.В.ДВ.6.1 Микросхемотехника**

**Цели и задачи дисциплины:** изучение принципов цифровой обработки информации средствами интегральной электроники.

Основные задачи курса: освоение базовых понятий и методов математической основы дисциплины - булевой алгебры; овладение методами проектирования комбинационных и последовательностных устройств цифровой техники; установление взаимосвязи между алгоритмами цифровой обработки информации и их реализацией в элементной базе микро- и нанoeлектроники; формирование чувства необходимости непрерывного совершенствования средств описания и методов построения цифровых автоматов.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из девяти разделов. Раздел 1. Введение: Основы булевой алгебры. Постулаты и теоремы алгебры логики. Функциональная полнота. Минтермы и макстермы. Упрощение булевых функций с помощью карт минтермов. Раздел 2. Элементная база цифровых устройств. Основные параметры логических элементов. Сравнительный анализ транзисторных логик. Вспомогательные элементы ЦУ. Раздел 3. Цифровые структуры комбинационного типа. Номенклатура и алгоритм построения логических схем К-типа. Раздел 4. Цифровые структуры последовательностного типа. Классификация и характеристические уравнения триггерных структур. Метод словарных преобразований разностных карт минтермов. Проектирование регистров, счетчиков делителей частоты. Раздел 5. Запоминающие устройства. Параметры и основные структуры ЗУ. ПЗУ и РПЗУ. Флэш-память. Статические и динамические ОЗУ. Перспективные технологии ЗУ. Раздел 6. Микропроцессорные системы. Средства воспроизведения и ввода графики: мониторы и видеокарты, принтеры, плоттеры и сканеры. Манипуляторы.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки: ОПК-3; ПК-5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос, отчеты по лабораторным работам. Промежуточная аттестация - экзамен.

### **Б1.В.ДВ.6.2 Трёхмерные интегральные схемы**

**Цели и задачи дисциплины:** формировании знаний в области технологических операций трехмерной интеграции и поддержки проектирования трехмерных интегральных схем современными САПР

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Введение. Классификация трехмерных ИС: 2.5D-IC, 3D-IC, 3D-SIC, 3D-SOC. Преимущества трехмерных ИС.

Технологии трехмерной интеграции. Трехмерная упаковка и трехмерная интеграция. Технология UTCS. Технология CIP (Chip in Polymer) Технология TSV.

Устройства на основе трехмерной интеграции. Фотоматрицы с применением технологий 3D-IC Оперативная память DRAM на основе трехмерных ИС: HMC. Консорциум Hybrid Memory Cube. Особенности технологии. Преимущества памяти HMC. Спецификации памяти HMC. Flash-память с применением 3D-IC.

Системы автоматизированного проектирования с поддержкой трехмерных ИС. Моделирование влияния TSV на параметры подложки в Sentaurus Interconnect. Поддержка трассировки 3D ИС в Synopsys Custom Designer. Проверка DRC для TSV в IC Validator. Моделирование межсоединений 3D ИС в HSPICE. Экстракция паразитных элементов для TSV в StarRC.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки: ПК-1, 5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос, отчеты по лабораторным работам. Промежуточная аттестация - экзамен.

### **Б1.В.ДВ.7.1 Квантовая и оптическая электроника**

**Цели и задачи дисциплины:** формирование у студентов знаний и умений, полезных при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Для успешного освоения дисциплины необходимо знание дисциплин «Твердотельная электроника» и «Схемотехника».

В результате освоения дисциплины студент должен:

*знать*, основные этапы развития материаловедения, особенности современного этапа развития материаловедения в области твердотельной электроники;

*уметь*, анализировать большие массивы информации по наноматериаловедению, выделяя самые значимые для развития твердотельной электроники технологические направления;

*владеть* основами знаний по технологически прорывным направлениям развития микро-, опто- и наноэлектроники.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Введение. Предмет и история развития квантовой и оптической электроники. Способы описания и характеристики электромагнитного излучения оптического диапазона. Основные понятия фотометрии.

Физические основы квантовой электроники. Энергетические состояния квантовых систем. Оптические переходы. Структура спектров. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Взаимосвязь коэффициентов Эйнштейна. Квантовомеханическое описание взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами. Связь коэффициентов Эйнштейна с матричными элементами оптических пе-



реходов. Поглощение и усиление электромагнитного излучения веществом. Активные среды. Инверсная населенность. Методы энергетической накачки активных сред. Двух-, трех- и четырехуровневая схемы возбуждения активной среды. Условие самовозбуждения квантовой системы и условие насыщения усиления. Ширина спектральных линий. Естественная ширина, уширение Доплера. Объемный резонатор. Резонансные линии резонатора. Добротность резонатора. Резонатор Фабри-Перо. Селективные резонаторы. Сферический резонатор.

Классификация и устройство лазеров. Основные материалы твердотельных лазеров. Устройство твердотельного лазера. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом. Твердотельные перестраиваемые лазеры. Волоконные лазеры и лазерные усилители. Волоконные световоды. Жидкостные лазеры: молекулы органических красителей, система энергетических уровней, устройство. Способы достижения инверсии в газовых лазерах. Гелий-неоновый лазер: схема энергетических уровней и устройство. Ионные, молекулярные, эксимерные, газодинамические, химические лазеры, лазеры на парах металла, лазеры на свободных электронах: принцип работы, основные характеристики и сферы применения.

Приборы оптоэлектроники. Полупроводниковые источники некогерентного и когерентного оптического излучения: прямозонные и непрямозонные переходы в полупроводнике; излучательный режим работы p-n перехода; оптические и электрические параметры светодиодов; условие достижения инверсии в полупроводнике; устройство инжекционных лазеров; гетеролазеры. Поглощение света в полупроводниках. Классификация фотоприемников. Фоторезисторы: принцип работы, устройство, электрические характеристики, чувствительность. Фотодиоды: принцип работы, вольтамперная характеристика, фотогальванический и фотодиодный режимы работы. Фототранзисторы: устройство; эквивалентная схема; вольтамперные характеристики. Фотоприемники с зарядовой связью: принцип работы, регистр сдвига, фоточувствительная матрица. Использование оптоэлектронных приборов. Схемы включения фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов. Оптроны. Основные интегрально-оптические элементы. Оптические микроволноводы. Электрооптические, магнитооптические, акустооптические модуляторы света. Акустооптические дефлекторы. Перспективные направления квантовой и оптической электроники. Нелинейно-оптические эффекты. Фотонные кристаллы. Голографические системы.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-2; ПК-2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос. Промежуточная аттестация - зачет.

### **Б1.В.ДВ.7.2 Б3.В.ДВ.1.1 Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники**

**Цели и задачи дисциплины:** формирование у обучающихся комплекса знаний в области физико-химических основ материаловедения в области микро-, опто- и наноэлектроники, необходимых для решения фундаментальных и технологических проблем создания электронных устройств с высокой, сверхвысокой и ультравысокой степенью интеграции. В процессе изучения дисциплины необходимо сформировать у обучающихся комплексный подход к проблемам размерного получения твердотельных структур на базе используемых и перспективных материалов. Одной из целей курса является приобретение студентом дополнительных знаний о веществе, в том числе о возможности получения и модификации свойств новых перспективных материалов с

использованием передовых технологических методов. Задача дисциплины – показать определяющую роль технологии материаловедения в научно-техническом прогрессе отрасли. К основным задачам курса относится формирование у обучающихся целостного представления о закономерном развитии и совершенствовании знаний в области технологии микро-, опто- и наноматериаловедения, о преобладающем влиянии плазменных, пучковых и иных современных технологий на перспективы развития микро-, опто- и наноэлектроники.

В результате освоения дисциплины студент должен:

*знать*, основные этапы развития материаловедения, особенности современного этапа развития материаловедения в области твердотельной электроники;

*уметь*, анализировать большие массивы информации по наноматериаловедению, выделяя самые значимые для развития твердотельной электроники технологические направления;

*владеть* основами знаний по технологически прорывным направлениям развития микро-, опто- и наноэлектроники.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

При ее изучении студент должен ориентироваться в многообразии материалов электронной техники, владеть информацией об исторических этапах изучения и применения базовых полупроводниковых материалов, различать принципиальную разницу между микро- и наноэлектроникой, особенности оптоэлектроники. Дисциплина предшествует большому блоку предметов, изучающих приборы и структуры, в основе которых лежит правильно подобранный материал с заданным перечнем свойств, а также дисциплинам, рассматривающим физические процессы в сложных гетерогенных структурах.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из пяти разделов. Раздел 1. Введение в материаловедение. Вещество, материал, фаза. Особенности тонкопленочного материаловедения. Особенности взаимодействия материалов с излучением. Раздел 2. Полупроводник, проводник, диэлектрик. Кристаллохимическое строение и особенности типа химической связи. Ближний, дальний порядок. Кристаллическая решетка. Раздел 3. Введение в наноматериаловедение. Материалы микро-, опто- и наноэлектроники. Нанотехнологии и их роль в прогрессе твердотельной электроники. Понятие наноматериала, классификация наноматериалов. Роль поверхности и границ раздела. Полупроводниковые наноматериалы, наноструктурные материалы, углеродные наноматериалы. Материалы для оптоэлектроники. Раздел 4. Классификация основных технологий получения наноматериалов. Молекулярно-лучевая эпитаксия, золь-гель технологии, матричный синтез, плазменные и лазерные способы формирования наноматериалов и методы их модификации. Раздел 5. Самосборка и самоорганизация в технологии получения наноматериалов, контактное и бесконтактное формирование поверхности подложек, перспективы углеродной электроники, нанокомпозиты, нанокерамика, наностекла и др.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-7; ПК-5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос. Промежуточная аттестация - зачет.

### **Б1.В.ДВ.8.1 Лаборатория по технологии**

**Цели и задачи дисциплины:** Дисциплина формирует у обучающихся знания и умения, полезные для выполнения курсовых и дипломных работ. Для успешного освоения дисциплины необходимо знание дисциплины Б3.В.ОД.3 Основы технологии интегральных схем.

Целью и задачами дисциплины являются изучение основных принципов проведения технологических операций и расчета технологических параметров, используемых в производстве интегральных микросхем различных классов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* основные этапы технологии изготовления интегральных микросхем (ИМС) и их характеристики; основные и вспомогательные материалы, применяемые для изготовления ИМС; широко используемые технологические операции и методы пооперационного изготовления изделий микроэлектроники и твердотельной электроники; методы контроля параметров технологических операций.

*уметь:* устанавливать зависимость контрольных параметров основных технологических операций от их режимов; измерять, рассчитывать, контролировать основные параметры технологических операций.

*владеть:* сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.

#### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из шести разделов. Раздел 1. Механическая обработка кремниевых пластин. Шлифование и полирование кремниевых пластин. Раздел 2. Получение р-п переходов: диффузия, ионная имплантация. Раздел 3. Травление микроструктур. Реактивное плазмохимическое травление. Раздел 4. Металлизация в производстве интегральных микросхем. Метод магнетронного распыления. Раздел 5. Диэлектрические пленки на кремнии. Раздел 6. Испытания ИМС-структур. Функциональные испытания. Испытания на герметичность. Расчет критерия надежности.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-5; ПК-2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос, лабораторные работы. Промежуточная аттестация - зачет (6 семестр).

### **Б1.В.ДВ.8.2 Лаборатория по метрологии**

**Цели и задачи дисциплины:** Дисциплина формирует у обучающихся знания и умения, полезные для выполнения курсовых и дипломных работ. Для успешного освоения дисциплины необходимо знание дисциплины Б3.В.ОД.4 Методы математической физики, Б3.Б.4 – метрология, стандартизация и технические измерения.

Целью и задачами дисциплины формирование знаний и навыков в изучении теории измерений и обеспечения их единства, освоение студентами теоретических основ

метрологии, стандартизации.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать*: технологию работы в современных операционных средах, основные методы разработки алгоритмов и программ, структуры данных, используемые для представления типовых информационных объектов, типовые алгоритмы обработки данных;

-методики выполнения измерений;

*уметь*: устанавливать зависимость контрольных параметров основных технологических операций от их режимов; измерять, рассчитывать, контролировать основные параметры технологических операций;

-использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач;

- использовать технические средства для измерения различных физических величин;

*владеть*: сведениями об основных закономерностях измерений, влияние качества измерений на качество конечных результатов метрологической деятельности, методов и средств обеспечения единства измерений.

-навыками измерения основных физических параметров.

### **Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из шести разделов. Раздел 1. теоретические основы метрологии; основные понятия, связанные с объектами измерения: свойство, величина, количественные и качественные проявления свойств объектов материального мира; основные понятия, связанные со средствами измерений (СИ). Раздел 2. Классификация средств измерений и погрешностей средств измерений, нормирование метрологических характеристик и поверка средств измерений. Раздел 3. Понятие метрологического обеспечения организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения правовые основы обеспечения единства измерений основные положения закона РФ об обеспечении единства измерений структура и функции метрологической службы предприятия, организации, учреждения, являющихся юридическими лицами; Раздел 4.Оборудование и методы измерения наноразмерных систем. Сканирующая зондовая микроскопия. Раздел 5. Метрология наноразмерных систем. Раздел 6. Обработка данных, полученных методами СЗМ.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-5; ПК-2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: опрос, лабораторные работы. Промежуточная аттестация - зачет (6 семестр).

### **Б1.В.ДВ.9.1 Моделирование в Matlab**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Цель дисциплины состоит в изучении программного математического пакета MATLAB. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* основные синтаксические конструкции языка, функции работы с управляемой графикой, функции для решения численных задач, символьные возможности.

*уметь:* применять полученные навыки работы с программой с целью использования полученных знаний для решения математических и физических задач, возникающих в процессе дальнейшего обучения студента и при работе по специальности.

*владеть:* навыками работы с пакетом системы компьютерной математики.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из шести разделов.

Раздел 1. Инструментарий MATLAB. Вычисление арифметических выражений в MATLAB. Основные математические функции MATLAB.

Раздел 2. Операции над векторами. Манипулирование матрицами. Основные матричные операции.

Раздел 3. Двумерная графика. Трехмерная графика. Специальная и дескрипторная графика.

Раздел 4. М-файлы сценариев и функций. Основы программирования. Символьные массивы. Сложные типы данных.

Раздел 5. Численные методы. Решение уравнений в системе Matlab

Раздел 6. Разработка графического интерфейса пользователя (GUI). Создание внешнего вида интерфейса

**Коды формируемых компетенций:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-9; ПК-2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: курсовая работа, тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация – дифференцированный зачет.

**Б1.В.ДВ.9.2 Средства измерений на базе LabView**

**Цели и задачи дисциплины:**

Цель дисциплины – формирование у студентов знания и умения, полезные при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Для успешного освоения дисциплины необходимо знание основ информатики.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Введение. Обзор измерительных средств и возможностей LabView. LabView в автоматизации измерений.

Виртуальные приборы LabView. Библиотека виртуальных приборов LabView. Использование виртуальных приборов

Сигналы в LabView. Классификация сигналов. Предварительная обработка сигналов. Дискретизация. Схемы измерения: дифференциальная, с общим заземленным проводом, с общим незаземленным проводом.

Создание измерительного приложения. Физические и виртуальные каналы в NI-DAQ. Задачи в NI-DAQ. Элементы управления сигналами в LabView.

Измерение и генерация сигналов с использованием VI NI-DAQmx. Измерение напряжения постоянного и переменного тока. Измерение силы тока. Измерение сопротивления. Измерение температуры. Измерение частоты аналогового сигнала. Измерение параметров цифрового импульсного сигнала. Генерация напряжения. Генерация цифровых импульсных сигналов

**Коды формируемых компетенций:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ПК-1, 2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: курсовая работа, тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация – дифференцированный зачет.

**Б1.В.ДВ.10.1 Микроэлектроника**

**Цели и задачи дисциплины:**

Цель дисциплины – формирование у студентов знания и умения, полезные при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Для успешного освоения дисциплины необходимо знание дисциплин «Твердотельная электроника», «Схемотехника».

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Введение. Предмет микроэлектроники. Основные термины и определения. Классификация ИМС по функциональному назначению, методам изготовления, степени интеграции. Этапы проектирования ИМС.

Интегральные схемы на биполярных транзисторах. Полупроводниковые интегральные резисторы. Диффузионные, пинч-, ионно-легированные резисторы, эквивалентные схемы, частотные свойства. Интегральные полупроводниковые конденсаторы. Диффузионные конденсаторы, конструкции и основные характеристики. Типы  $p-n$ -переходов, барьерная емкость. МДП-конденсаторы, эквивалентные схемы. Интегральные биполярные транзисторы. Различия дискретных и интегральных транзисторов, способы изоляции, технология. Интегральные  $p-n-p$ -транзисторы, характеристики и топология. Многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы. Составные транзисторы в ИМС. Транзисторы с барьером Шоттки. Контакт металл-полупроводник. Конструкции транзисторов с барьером Шоттки. Частотные характеристики. Логические элементы на биполярных транзисторах, ТТЛ, ТТЛШ-логики. Интегральные диоды.

ИМС на МДП-транзисторах. Сравнительные характеристики МДП и биполярных ИМС. МДП-транзисторы с индуцированным и встроенным каналами. Принципы работы. Пороговое напряжение. Схемы включения МДП-транзисторов. Статические характеристики. Эквивалентная схема. Малосигнальные характеристики МДП-транзисторов. Особенности статических характеристик МДП-транзисторов с коротким каналом. Физические

основы короткоканальных эффектов. Ограничения быстродействия МДП-транзисторов. Способы управления пороговым напряжением. Конструкции МДП-транзисторов. Масштабная миниатюризация МДП-транзисторов. КМОП ИМС, преимущества, основные конструкции. КНИ КМОП. Логические элементы на КМОП. Инвертор, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Основные характеристики. Топология. БиКМОП ИМС. Технология. Логические элементы.

Качество и надежность ИС. Показатели качества. Виды и механизмы отказов ИМС. Расчет надежности.

Функциональная микроэлектроника. Определение. Приборы с зарядовой связью (ПЗС). Устройства на основе ПЗС. Линии задержки. Устройства преобразования изображения. Фильтры. Физические основы функциональной акустоэлектроники. Предмет акустоэлектроники. Типы поверхностных акустических волн (ПАВ). Материалы акустоэлектроники. Способы возбуждения и управления ПАВ. Акустоэлектрический эффект. Приборы функциональной акустоэлектроники. Линии задержки. Фильтры. Акустооптические преобразователи изображения. Атенюаторы. Фазовращатели. Функциональные устройства на основе отрицательного объемного сопротивления. ОДП и ОДС. Диоды с S-образной ВАХ. Функциональные устройства на основе S-диодов.

#### **Коды формируемых компетенций:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ПК-1, 5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация – дифференцированный зачет.

### **Б1.В.ДВ.10.2 Основы проектирования ПЛИС**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Цель дисциплины – формирование у студентов знания и умения, полезные при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Для успешного освоения дисциплины необходимо знание дисциплин «Твердотельная электроника», «Схемотехника».

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Введение. История развития ПЛИС. Основные понятия и определения программируемой логики. Достоинства и недостатки программируемой логики в сравнении с микропроцессорами и микроконтроллерами. Области применения ПЛИС.

Теоретические основы программируемой логики. Классификация ПЛИС по типу архитектуры. Программируемые логические матрицы. Программируемая матричная логика. Сложные программируемые логические устройства (CPLD). Программируемая пользователем вентиляционная матрица (FPGA). Преимущества и недостатки архитектур ПЛИС, области их применения.

Программное обеспечение для разработки устройства на базе ПЛИС. Программный продукт Altera Quartus II. Программный продукт Xilinx ISE. Основные функциональные блоки и возможности.

Проектирование устройства на базе ПЛИС. Этапы разработки устройства, включающего ПЛИС. Основные критерии выбора ПЛИС для реализации устройства. Ведущие производители ПЛИС и особенности их разработок. Проектирование типовых

устройств на ПЛИС с использованием языка проектирования аппаратуры VHDL или Verilog: сумматора, умножителя, счетчика, порта ввода/вывода. Средства синтеза. Логический HDL и физический синтез. Статический и динамический временной анализ. Общая и формальная верификации. Анализ производительности.

**Коды формируемых компетенций:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ПК-5

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, опрос. Промежуточная аттестация – дифференцированный зачет.

**Б1.В.ДВ.11.1 Физика МДП-систем**

**Цели и задачи дисциплины:** Цель изучения дисциплины – подготовка обучающихся к самостоятельной работе по получению новых знаний в области физических основ МДП электроники, необходимых для успешного использования достижений современной МДП технологии в практической деятельности. При изучении курса ставятся следующие основные задачи: получение представлений о физических идеях и принципах современной МДП электроники; формирование комплекса теоретических знаний о физических свойствах МДП структур, важнейших физических процессах и явлениях, составляющих теоретическую основу МДП электроники; знакомство с существующими моделями, теориями различных физических явлений и основными областями применения МДП структур.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из девяти разделов. Раздел 1. Введение. МДП- электроника – основа современных информационных систем. Роль структур типа МДП в современной микроэлектронике. Характерные размеры и требования к материалам, используемым в МДП структурах. Перспективы развития МДП технологии. Предмет и содержание курса. Раздел 2. Феноменологическая теория поверхности и приповерхностной ОПЗ полупроводников. Природа поверхности полупроводников. Поверхностные электронные состояния и их классификация. Область пространственного заряда (ОПЗ) вблизи поверхности. Разновидности ОПЗ и концентрация носителей заряда. Теория приповерхностной ОПЗ полупроводника. Заряд в поверхностных состояниях (ПС). Дифференциальная емкость, обусловленная перезарядкой ПС. Раздел 3. Физические основы теории МДП структур. Теория идеальной МДП структуры. Зонные диаграммы, зависимость поверхностного потенциала от напряжения на затворе, вольт-фарадные характеристики (ВФХ) на низкой частоте (НЧ) и высокой частоте (ВЧ). Реальные структуры. Заряды в окисле кремниевых МОП структур. Влияние контактной разности потенциалов и других внешних факторов на напряжение плоских зон и ВФХ МДП структуры. Эквивалентные схемы МДП структур. Неравновесные процессы. Неравновесное обеднение в МДП структурах. Механизмы релаксации инверсионного слоя. Нарушение равновесия при протекании тока. Механизмы токопрохождения в диэлектрических пленках МДП структур. Раздел 4. Методы исследования электрофизических характеристик МДП структур. Определение электрофизических параметров МДП структуры методом ВЧ ВФХ. Определение типа проводимости, уровня и профиля легирования полу-



проводника, напряжения плоских зон и порогового напряжения, эффективного поверхностного заряда. Определение зависимости поверхностного потенциала от управляющего напряжения (калибровка ВФХ по поверхностному потенциалу). Методы определения энергетического распределения ПС. Автоматизация измерений. Определение темпа генерации, времени жизни, времени релаксации инверсионного слоя и скорости поверхностной рекомбинации методом Цербста. Другие методы определения генерационно-рекомбинационных характеристик МДП структуры. Раздел 5. Механизмы нестабильности МДП структур. Общая характеристика процессов нестабильности МДП систем. Миграция ионов в диэлектрической пленке. Электронный захват на ПС и объемные ловушки в диэлектрике. Дипольная поляризация диэлектрика. Способы стабилизации свойств МДП структур. Методы исследования нестабильности. Метод смещения ВФХ после термополевой обработки структуры. Метод динамических вольт-амперных характеристик (ДВАХ). Метод термостимулированной поляризации (ТСП) и его модификации. Раздел 6. Теория адмиттанса МДП структур. Теория адмиттанса МДП структуры. Адмиттанс моно-уровня и континуума ПС в идеализированной МДП структуре. Туннельная модель адмиттанса при захвате носителей заряда на ловушки в диэлектрике. Флуктуационная модель адмиттанса в структурах, микронеоднородных по поверхностному потенциалу. Туннельно-флуктуационная модель адмиттанса. Случаи равномерного и экспоненциального распределения ловушек в подзатворном диэлектрике. Определение параметров ПС методом адмиттанса. Раздел 7. Квантовые свойства МДП структур. Квантово-механическая модель приповерхностной ОПЗ полупроводника. Электрическое квантование. Критерии образования двумерного (2D) электронного газа. Методы расчета энергетического спектра двумерных носителей. Электрический квантовый предел. Плотность квантовых состояний и концентрация 2D-электронного газа. Свойства 2D-электронного газа в магнитном поле. Энергетический спектр и плотность состояний в идеальной системе. Учет разупорядоченности реальной структуры. Локализация электронных состояний в 2D-системе со случайным потенциалом. Перколяционная модель проводимости. Квантовый эффект Холла. Суть явления и основные эксперименты. Условия наблюдения и методика измерений. Качественная физическая интерпретация. Метрологические применения КЭХ. Квантовая метрология и фундаментальные физические константы. Раздел 8. МДП транзисторы и приборы КМОП-технологии. Физика работы МОП транзистора (МОПТ) и КМОП-технология. ВАХ МОПТ. Физические и технологические процессы, влияющие на характеристики МОПТ. Эффекты сильных электрических полей. МОПТ с коротким каналом. Эффекты короткого канала. Пути повышения быстродействия МОПТ. Особенности приборов КМОП-технологии. Цифровая техника и логические вентили. Интегральные схемы КМОП-технологии. Раздел 9. Применение МДП структур. Энергонезависимые элементы памяти. Приборы с плавающим затвором и устройства со структурой МДОП и их применение. Приборы с зарядовой связью (ПЗС). Основные параметры и режимы работы. Области применения ПЗС. Фотоэлектрические МДП приборы. Перспективы развития МДП электроники.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки: ПК-1, 5

**Форм аттестации:** Форма текущего контроля: отчеты по лабораторным работам, опрос. Промежуточная аттестация - экзамен.

## **Б1.В.ДВ.11.2 Физика поверхностей и граничных явлений**

**Цели и задачи дисциплины:** Цель изучения дисциплины – формирование у студентов знания и умения, полезные при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Для успешного освоения дисциплины необходимо знание дисциплины Физика полупроводников.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) подготовки обучающихся по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Модели поверхности. Атомарно-чистая и реальная поверхность. Обзор методов исследования поверхности. Поверхность как нарушение периодичности объемной решетки. Модельные представления и классификация электронных поверхностных состояний. Модель Тамма. Модель Шоттки.

Приповерхностная область пространственного заряда. Теория приповерхностной области пространственного заряда (ОПЗ). Емкость и заряд приповерхностной ОПЗ. Эффект поля. C-V- и G-V-характеристики. Плотность электронных поверхностных состояний. МДП-структура.

Поверхностная рекомбинация. Скорость поверхностной рекомбинации. Рекомбинация носителей заряда с участием поверхностных состояний. Время жизни носителей на поверхности.

Контактные явления в полупроводниках. Контакт металл-полупроводник. Плотность тока термоэлектронной эмиссии. Вольт-амперные характеристики. P-n-переход. Гетеропереход.

Сверхрешетки. Композиционные и легированные полупроводниковые сверхрешетки. Энергетическая структура и электронный спектр, расщепление зон на минизоны.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки: ОПК-2; ПК-1

**Форм аттестации:** Форма текущего контроля: отчеты по лабораторным работам, опрос. Промежуточная аттестация - экзамен.

## **ФТД.1 Бионаноэлектроника**

**Цели и задачи дисциплины:** Дисциплина формирует у обучающихся знания и умения, полезные для освоения дисциплин Б3.Б.6 Материалы электронной техники Б3.Б.11

Основы технологии электронной компонентной базы, а также для выполнения курсовых и дипломных работ.

Цель – формирование представлений о новом направлении электроники.

Задачи дисциплины — изучение электронного строения и явлений переноса в органических полупроводниках и металлах, использования органической электроники как основы гибких технологий оптоэлектронных приборов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:* механизмы токопереноса в органических материалах.

*уметь:* производить выбор материала для реализации поставленных задач.

*владеть:* информацией о сферах применения органических материалов в

электронике.

Приобрести опыт деятельности: научно-исследовательской.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к профессиональному циклу дисциплин, раздел «Факультативы».

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Дисциплина состоит из трех разделов. Раздел 1. Органические полупроводниковые материалы. Молекулы и полимеры с сопряженными двойными связями. Раздел 2. Электронное строение и явления переноса в органических полупроводниках и металлах. Возбуждение в органических полупроводниках: экситоны и поляроны. Запрещенная зона сопряженных полимеров. Инжекция носителей заряда в органических полупроводниках. Органические металлы. Растворы синтетических металлов и их применение. Раздел 3. Приборы и устройства органической электроники. Органический полевой транзистор (FET). Принцип работы FET. Требования к материалам органического OFET. Интегральные схемы на базе OFET. Светоизлучающие устройства на основе органических полупроводников. Принцип работы и технология получения светоизлучающих диодов ОСИД.

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ОПК-2

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация — зачет (5 семестр).

### **ФТД.2 Проборно-технологическое проектирование элементов интегральных схем**

**Цели и задачи дисциплины:** Дисциплина формирует у обучающихся знания и умения, полезные для освоения дисциплин Б3.Б.6 Материалы электронной техники Б3.Б.11 Основы технологии электронной компонентной базы, а также для выполнения курсовых и дипломных работ.

Целями освоения дисциплины «Приборно-технологическое проектирование элементов интегральных схем» является формирование специальных знаний в области физико-технологического проектирования как неотъемлемой и обязательной части всего маршрута проектирования проборов и устройств микро- и наноэлектроники. В задачи дисциплины входят:

- рассмотрение общих вопросов приборно-технологического проектирования;
- конструктивно-технологические особенности проектирования;
- исследование проблем однородности и воспроизводимости электрических параметров изделий микро- и наноэлектроники;
- общие характеристики правил проектирования, их заполнение;
- приборно-технологическое моделирование в общем маршруте проектирования элементов биполярных и полевых интегральных схем;
- обзор и изучение существующих специализированных программных продуктов для проектирования проборов и устройств микро- и наноэлектроники.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- фундаментальные разделы физики полупроводников и твердотельной электроники, необходимые для решения научно-исследовательских задач проектирования элементов ИС;

- технологию работы на ПК в современных операционных средах, основные методы разработки алгоритмов и программ, структуры данных, используемые для представления типовых информационных объектов, типовые алгоритмы обработки данных;
- новые методики инженерно-технологической деятельности;
- методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электрон-ной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств;

уметь:

- самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение;
  - оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук;
  - выдвигать новые идеи и адаптироваться к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности;
  - составлять обзоры перспективных направлений научно-инновационных исследований, готовностью к написанию и оформлению патентов в соответствии с правилами;
  - применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов элементов ИС;
  - использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности проектных работ при создании проборов и устройств микро- и наноэлектроники;
  - разрабатывать физические и математические модели приборов и устройств микро- и наноэлектроники; разрабатывать технологические маршруты их изготовления;
- владеть:
- навыками критического восприятия информации;
  - профессионально-профильными знаниями в области информационных технологий, использовании современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки;
  - современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств микро- и наноэлектроники различного функционального назначения;
  - методами проектирования электронной компонентной базы и технологических процессов микроэлектроники;
  - методами математического моделирования приборов и технологических процессов с целью оптимизации их параметров.

**Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к профессиональному циклу дисциплин, раздел «Факультативы».

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:** Введение в САПР приборно-технологического проектирования

Основы приборно-технологического проектирования в специализированных пакетах САПР TCAD

Приборно-технологическое проектирование элементной базы микроэлектроники в специализированном пакете САПР TCAD

Создание и моделирование приборов микроэлектроники в специализированном пакете САПР TCAD

Моделирование термомеханических, электрических, оптических и магнитных явлений в полупроводниковых структурах

Проектирование элементов и технологических процессов изготовления элементов интегральных схем

**Коды формируемых компетенций:** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки (специальности): ПК-1

**Формы аттестации:** Форма текущего контроля: тестирование, рефераты, опрос. Промежуточная аттестация — зачет (5 семестр).

## Аннотации программ учебной и производственных практик

### Аннотация программы учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности

#### 1. Цели учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности

Целями учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности являются: знакомство с организацией научных исследований в лабораториях университета, профильных научно-исследовательских институтов, научно-исследовательских и промышленных организаций, закрепление и углубление знаний и умений, полученных в процессе теоретического обучения в рамках учебного плана; формирование элементов общенаучных, социально-личностных компетенций; приобретение практических навыков, компетенций, а также опыта самостоятельной профессиональной деятельности, способствующих успешному освоению специальных дисциплин, изучаемых на последующих курсах в соответствии с требованиями и квалификационной характеристикой бакалавра, установленными ФГОС ВО по направлению **11.03.04 Электроника и микроэлектроника**, на основе изучения современного прикладного и специализированного программного обеспечения кафедры физики полупроводников и микроэлектроники.

#### 1. Задачи учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности

Основными задачами учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности являются:

- ознакомление обучающихся с вычислительными мощностями кафедры физики полупроводников и микроэлектроники;
- практическое освоение операционных систем и современных компьютерных оболочек;
- закрепление и расширение навыков использования пакетов прикладных программ;
- ознакомление со специализированными пакетами программ компьютерного моделирования и проектирования технологических процессов, приборов и систем;
- создание и оформление отчетов с помощью пакета MS Office.

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности имеет целью закрепление знаний и умений, полученных в процессе изучения дисциплин «Информационные технологии», «Информатика и программирование», цикла математических дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия», а также получение навыков практической работы с вычислительной техникой и программами моделирования.

В результате прохождения учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности студенты должны:

**знать:**

- организацию и работу подразделения предприятия, имеющего в эксплуатации локальные и сетевые учебные комплексы;
- действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования и программного обеспечения, оформлению технической документации;

**уметь:**

- использовать отдельные пакеты программ компьютерного расчета и моделирования технологических процессов, приборов и систем;
- квалифицированно пользоваться периодическими, реферативными и справочно-информационными изданиями по профилю специальности, включая on-line источники;

За время учебной практики студент должен освоить полный цикл решения практических задач с применением информационных технологий:

- постановка задачи, включая ее математическое решение;
- алгоритмизация задачи с изображением блок-схемы алгоритма в стандартной форме;
- реализация программы в одной из инструментальных сред программирования, моделирования;
- составление и защита отчета по практике в соответствии с установленной формой с использованием средств MS Office.

Программой учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности предусмотрено написание отчета с последующей его защитой на оценку.

Основные навыки, полученные в ходе прохождения учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности, могут быть использованы в дальнейшем при изучении блока дисциплин профессионального цикла, а также при прохождении производственных практик.

### **3. Время проведения учебной практики по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности**

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности проводится на выпускающей кафедре физики полупроводников и микроэлектроники ВГУ.

Сроки проведения учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности: практика проводится по окончании по окончании 1-го курса (2-го семестра). Продолжительность практики - 4 недели (216 часов/6 зет).

### **4. Форма проведения практики - учебная практика в вузе.**

### **5. Содержание практики**

Общая трудоемкость учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности составляет 6 зачетных единицы/216 часов.

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Виды работ на учебной практике	Трудоемкость (в часах), включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)	Формы текущего контроля
1	Организационные мероприятия	Проведение инструктажа по технике безопасности при работе в лабораториях и по порядку прохождения практики.	9	Опрос с отметкой в журнале по
2	Ознакомительный этап	<p>Обзорная лекция по компьютерным технологиям, используемым в разработке и производстве основных типов изделий электронной техники.</p> <p>Ознакомление обучающихся с вычислительными мощностями кафедры физики полупроводников и микроэлектроники.</p> <p>Экскурсии по научно-производственным и научно-образовательным подразделениям и лабораториям ВГУ.</p>	27	Рабочие записи для оформления отчета
3	Практический этап	Освоение компьютерных средств решения прикладных и профессиональных задач по электронике и наноэлектронике	54	Рабочие записи для оформления отчета
Решение профильных и профессиональных задач: - физическая постановка задачи; - выбор и обоснование математических методов решения; - обоснование и выбор программных средств решения; - разработка алгоритма решения поставленной задачи; - проведение численных экспериментов.		108	Рабочие записи для оформления отчета	
4	Заключительный этап	Обработка и анализ полученной информации, подготовка отчета по практике. Защита отчета по практике.	18	Отчет по практике. Защита результатов практики

**6. Формы промежуточной аттестации (по итогам практики) – зачет по результатам защиты отчета.**



## 7. Коды формируемых компетенций

В результате прохождения данной учебной практики обучающийся должен приобрести следующие компетенции: ОК-7; ОПК-7, 9

*общекультурные компетенции (ОК):*

- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

*общепрофессиональные компетенции:*

- способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);
- способностью использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-9).

## Аннотация программы научно-исследовательской работы

### 1. Цели научно-исследовательской работы

Целями научно-исследовательской работы являются закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося, приобретение им практических навыков и компетенций, а также опыта самостоятельной профессиональной деятельности.

### 2. Задачи научно-исследовательской работы

Индивидуальные задания на научно-исследовательскую работу должны быть направлены на подготовку бакалавра, способного решать следующие профессиональные задачи в соответствии с направленностью образовательной программы бакалавриатуры и видами профессиональной деятельности:

*научно-исследовательская деятельность:*

- анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования;
- участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;
- подготовка и составление обзоров, рефератов, отчетов, научных публикаций и докладов на научных конференциях и семинарах.

### 3. Время выполнения научно-исследовательской работы

Научно-исследовательская работа проводится на выпускающей кафедре физики полупроводников и микроэлектроники ВГУ или на предприятиях, представляющих электронную промышленность и связанных с разработкой, изготовлением или исследованиями интегральных схем и электронных компонентов. В последнем случае оформляется Договор между ВГУ и предприятием, где студент выполняет научно-исследовательскую работу.

Календарное время выполнения научно-исследовательской работы:  
2 курс, 4 семестр – научно-исследовательская работа (104 ч, 3 ЗЕТ, 2 нед.).

**4. Форма проведения научно-исследовательской работы** - лабораторная, заводская.

#### 5. Содержание научно-исследовательской работы

Общая трудоемкость НИР составляет 2 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы (этапы) НИР	Виды работ НИР, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля	
1	<i>Подготовительный этап</i>	изучение патентных и литературных источников по разрабатываемой теме с целью их использования при выполнении выпускной квалификационной работы	27	Рабочие записи для оформления отчета
2	<i>Обработка и анализ полученной информации</i>	анализ научно-технических проблем и перспектив развития отечественной и зарубежной электроники и наноэлектроники; систематизация и обобщение научно-технической информации по теме исследований	9	Рабочие записи для оформления отчета
3	<i>Экспериментально-исследовательский этап</i>	теоретическое или экспериментальное исследование в рамках поставленных задач	54	Рабочие записи для оформления отчета
4	<i>Заключительный этап</i>	подготовка отчета о выполнении НИР	18	Отчет

**6. Формы промежуточной аттестации (по итогам научно-исследовательской работы)** – защита отчета с оценкой.

Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета проводится по итогам научно-исследовательской работы на выпускающей кафедре физики полупроводников и микроэлектроники при участии заведующего кафедрой в 6 семестре 3 курса, на основании:

- подготовленного студентом литературного обзора по тематике предполагаемой выпускной квалификационной работы (объем – 10-15 страниц, список литературы – 15-20 наименований), оформленного в соответствии с установленными требованиями письменного отчета;

- подготовленного студентом части экспериментального практического или теоретического расчетного исследования по тематике выпускной квалификационной работы (объем – 10-20 страниц), оформленного в соответствии с установленными требованиями письменного отчета.

По итогам промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой выставляется оценка *отлично, хорошо, удовлетворительно*.

#### 7. Коды формируемых компетенций

В результате выполнения данной научно-исследовательской работы обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения, общекультурные и профессиональные компетенции: ОК-7; ОПК-2; ПК-3, 4, 6

*общекультурные компетенции (ОК):*

– способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

*общепрофессиональные компетенции:*

– способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

*научно-исследовательская деятельность:*

– готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3);

*проектно-конструкторская деятельность:*

– способностью проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов (ПК-4);

– способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-6).

### **Научно-исследовательский семинар**

#### **1. Цель и задачи научно-исследовательского семинара**

Научно-исследовательский семинар является неотъемлемой частью подготовки магистров, активной формой научно-исследовательской работы, обеспечивающей возможности гибкого, интерактивного взаимодействия бакалавров, руководителей научно-исследовательской работы и ведущих ученых.

Целью научно-исследовательского семинара является формирование у магистров навыков научных коммуникаций, публичного обсуждения результатов своей научно-исследовательской работы на ее различных этапах.

Задачами научно-исследовательского семинара являются:

1. Ознакомление бакалавров с актуальными научными проблемами в рамках выбранной ими программы и направления обучения.

2. Формирование у бакалавров навыков научно-исследовательской работы, ее планирования, проведения, формирования научных выводов.

3. Представление и публичное обсуждение промежуточных результатов научных исследований бакалавров.

4. Итоговая апробация результатов научных исследований бакалавров, представляемая в форме научных докладов.

Участие в научно-исследовательском семинаре позволяет бакалаврам приобрести следующие компетенции: ОК-7; ОПК-7; ПК-3

*общекультурные компетенции (ОК):*

– способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

*общепрофессиональные компетенции:*

– способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);

*научно-исследовательская деятельность:*

– готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3).

#### **2. Руководство и организация научно-исследовательского семинара**

Общее руководство научно-исследовательским семинаром осуществляет заведующий кафедрой.

План научно-исследовательского семинара по направлению подготовки должен содержать следующую информацию: тематика и примерные даты проведения; формы проведения; рекомендации по подготовке к семинару для бакалавров; описание содержания каждой из указанных в плане форм проведения семинара. Проект плана разрабатывается при непосредственном участии ведущих преподавателей, принимающих участие в подготовке бакалавров, проходит обсуждение и утверждение на заседании выпускающей кафедры.

Подготовка и согласование проекта плана научно-исследовательского семинара в рамках программы подготовки бакалавров должна быть завершена до 30 сентября, после чего он рассматривается и утверждается на заседании кафедры.

В ходе утверждения плана научно-исследовательского семинара на кафедре происходит их согласование, определение тематики и времени проведения семинара.

Согласование и утверждение плана научно-исследовательского семинара на НМС факультета проходит в срок до 1 октября. После утверждения плана научно-исследовательского семинара по программе подготовки бакалавров, они должны быть доведены до сведения бакалавров и преподавателей.

### **3. Тематика и сроки проведения научно-исследовательского семинара**

Научно-исследовательский семинар является обязательной формой аудиторных занятий бакалавров, входит в учебный план подготовки бакалавров.

Тематика вопросов, рассматриваемых на научно-исследовательском семинаре, разрабатывается в рамках конкретных бакалаврских программ и определяется актуальными направлениями научных исследований, а также направлениями научных исследований, выбранными бакалаврами для своей научно-исследовательской работы.

### **4. Формы проведения научно-исследовательского семинара**

Научно-исследовательский семинар проводится в рамках программы обучения, выбранной бакалаврами. Формами проведения научно-исследовательского семинара являются: лекции ведущих ученых и практических работников; деловые игры; круглые столы; диспуты; обсуждения результатов научных исследований бакалавров; научная конференция бакалавров; другие формы, предложенные в рамках направления подготовки бакалавров.

Содержание конкретных форм научно-исследовательского семинара определяется и утверждается выпускающей кафедрой.

### **5. Аттестация бакалавров по итогам научно-исследовательского семинара**

По результатам проведения научно-исследовательского семинара бакалавры проходят итоговую аттестацию в форме дифференцированного зачета. Решение об аттестации бакалавров принимает руководитель научно-исследовательского семинара. Задолженность по научно-исследовательскому семинару приравнивается к академической задолженности.

Научно-исследовательский семинар является обязательной формой аудиторных занятий бакалавров, входит в учебные планы подготовки бакалавров.

## **Аннотация программы производственной практики, технологической**

### **Производственная технологическая практика**

#### **1. Цели производственной технологической практики**

Целями производственной технологической практики являются закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося, приобретение им практических навыков и компетенций, а также опыта самостоятельной профессиональной деятельности.

#### **2. Задачи производственной технологической практики**

Задачами производственной технологической практики в соответствии с профильной направленностью образовательной программы и видами профессиональной деятельности являются:

##### *а) научно-исследовательская деятельность:*

- анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;
- подготовка и составление обзоров, рефератов, отчетов, научных публикаций и докладов на научных конференциях и семинарах;

##### *б) проектно-конструкторская деятельность:*

- сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения;
- разработка проектной и технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ;
- контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

#### **3. Время проведения производственной практики**

Сроки проведения практики: практика проводится в четвертом семестре после второго курса. Продолжительность практики - 2 недели (108 часов/3 зет).

#### **4. Форма проведения производственной практики - заводская**

#### **5. Содержание производственной технологической практики**

Продолжительность производственной технологической практики - 2 недели (108 часов/3 зет).

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Виды производственной работы на практике	Трудоемкость (в часах), включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)
1	Организационные мероприятия	Получение пропусков, инструктажи по технике безопасности и др., получение спецодежды	9
2	Знакомство с предприятием	Обзорная лекция по тематике предприятия с рассмотрением технологии производства основных типов изделий СВЧ электронной техники. Экскурсии по цехам и отделам	9
3	Ознакомление с технологическими процессами и оборудованием	Участок поверхностной обработки полупроводниковых материалов: Участок получения диэлектрических пленок на кремнии: Участок фотолитографии: Лаборатории легирования полупроводниковых подложек: Лаборатория приборно-технологического проектирования Участок монтажа и сборки кристаллов: Лаборатория контроля параметров и испытания изделий электронной техники: Обработка и анализ полученной информации, подготовка отчета по практике.	81
4	Заключительный этап	Обработка и анализ полученной информации, подготовка отчета по практике. Защита отчета по практике	9

Научно-исследовательские и научно-производственные технологии, используемые на производственной практике: технологии поверхностной обработки кристаллов: шлифовка; полировка; чистка пластин после механической обработки; контроль чистоты поверхности пластин; химическое травление; плазмохимическое травление; скрайбирование; технологии легирования полупроводниковых структур: диффузионные процессы; методы контроля параметров примесных слоев; методы получения эпитаксиальных слоев; гетероэпитаксия кремния на диэлектрических подложках; ионное легирование; отжиг ионно-легированных структур; технологии методы получения металлических пленок; методы контроля параметров и испытаний изделий электронной техники; методика приборно-технологического проектирования изделий электронной техники.

#### **6. Формы промежуточной аттестации (по итогам производственной практики) – защита отчета с оценкой**

#### **7. Коды формируемых компетенций**

В результате прохождения данной производственной практики обучающийся должен приобрести следующие общекультурные и профессиональные компетенции: ОК-6, 7; ОПК-8

*общекультурные компетенции:*

способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные и культурные различия (ОК-6);

способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

*обще профессиональные компетенции:*

способность использовать нормативные документы в своей деятельности (ОПК-8).

### **Аннотация производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности**

#### **1. Цели производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности**

Целями производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности являются закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося, приобретение им практических навыков и компетенций, а также опыта самостоятельной профессиональной деятельности.

#### **2. Задачи производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности**

Задачами производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности в соответствии с профильной направленностью образовательной программы и видами профессиональной деятельности являются:

*научно-исследовательская деятельность:*

разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов;

использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем;

разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере;

подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары;

фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности.

*проектно-конструкторская деятельность:*

анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников;

определение цели, постановка задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготовка технических заданий на выполнение проектных работ;

проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований;

разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями.

### 3. Место и время проведения производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности

Базами практики являются:

- лабораторный фонд кафедры физики полупроводников и микроэлектроники физического факультета университета по приборно-технологическому и топологическому проектированию современных изделий электронной техники;

- ОАО «Научно-исследовательский институт электронной техники» (НИИЭТ) (г. Воронеж),

что соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта направления **01.04.04 Электроника и наноэлектроника**.

Сроки проведения практики: практика проводится во 6 семестре 6 курса; продолжительность практики - 4 недели (216 часов/6 зет).

### 4. Форма проведения производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности - лабораторная

### 5. Структура и содержание производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности

Общая трудоемкость производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Виды производственной работы на практике	Трудоемкость (в часах), включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)	Формы текущего контроля
1	Организационные мероприятия	Инструктажи по технике безопасности	9	Опрос с отметкой в журнале по ТБ
2	Проектирование интегральных схем в САПР	Лекции по основам схемотехнического и топологического проектирования аналоговых и цифро-аналоговых интегральных схем в САПР.	18	опрос
		Схемотехническое моделирование блоков цифровых и аналоговых интегральных схем. Оптимизация параметров цифровой и аналоговой ячеек.	18	результаты моделирования



		Топологическое проектирование блоков цифровых и аналоговых интегральных схем. Верификация DRC и LVS. Экстракция паразитных пара-	18	Результаты верификации
		Схемотехническое моделирование блоков цифровых и аналоговых интегральных схем с учетом паразитных параметров. Оформление результатов схемотехнического моделирования.	27	Результаты моделирования
3	<i>Заключительный этап</i>	Обработка и анализ результатов, подготовка отчета по практике. Защита отчета по практике	18	отчет

### **6. Компетенции обучающегося, формируемые в результате прохождения производственной практики по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности**

В результате прохождения данной производственной по получению профессиональных умений и опыта проектно-конструкторской деятельности практики обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения, общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОК-6, 7; ОПК-8; ПК-5, 6, 7

#### *общекультурные компетенции (ОК):*

способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные и культурные различия (ОК-6);

способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

#### *общепрофессиональные компетенции (ОПК):*

способность использовать нормативные документы в своей деятельности (ОПК-8);

#### *профессиональные компетенции:*

готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-5);

способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-6);

готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-7).

## **Аннотация преддипломной практики**

### **1. Цели преддипломной практики**

Целями преддипломной практики являются: сбор материалов и подготовка к написанию выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации); приобре-

тение студентом опыта в исследовании актуальной научной проблемы при решении поставленной научно-практической задачи.

## **2. Задачи преддипломной практики**

Задачами преддипломной практики в соответствии с профильной направленностью образовательной программы и видами профессиональной деятельности являются:

*научно-исследовательская деятельность:*

подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары;

фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности;

*проектно-конструкторская деятельность:*

анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников.

## **3. Место и время проведения преддипломной практики**

Преддипломная практика проводится на профильных предприятиях, фирмах и организациях, либо в структурных подразделениях Воронежского государственного университета, научная и практическая деятельность которых связана с использованием проектных и информационных методов и технологий в области электроники и нанoeлектроники.

Базами преддипломной практики являются:

- лабораторный фонд кафедры физики полупроводников и микроэлектроники физического факультета университета по приборно-технологическому и топологическому проектированию современных изделий электронной техники;

- ОАО «Научно-исследовательский институт электронной техники» (НИИЭТ) (г. Воронеж) и другие профильные организации и предприятия, что соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта направления

### **01.04.04 Электроника и нанoeлектроника.**

Сроки проведения практики: практика проводится в 4 семестре 2 курса; продолжительность практики 4 недели (216 часов/6 зет).

## **4. Форма проведения преддипломной практики - лабораторная, заводская**

## 5. Структура и содержание преддипломной практики

Общая трудоемкость преддипломной практики составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Виды производственной работы на практике	Трудоемкость (в часах), включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)	Формы текущего контроля
1	<i>Подготовительный этап</i>	сбор материалов и подготовка к написанию выпускной квалификационной работы (магистерской)	54	
2	<i>Обработка и анализ полученной информации</i>	Анализ литературы, связанной с предметной областью научно-практических исследований	54	Обзор литературы
		Выбор и обоснование методов и средств решения теоретических вопросов и экспериментальных исследований поставленной задачи	108	Обоснование методов и средств решения поставленной задачи
3	<i>Экспериментально-исследовательский этап</i>	Разработка программной части решения поставленной задачи	108	Оформление программного обеспечения
		Разработка проектно-конструкторской и экспериментальной части решения поставленной задачи	270	Оформление результатов моделирования, экспериментальных исследований, верификации
4	<i>Заключительный этап</i>	Подготовка и написание выпускной квалификационной работы	54	Оформление ВКР

## 6. Компетенции обучающегося, формируемые в результате прохождения преддипломной практики

В результате прохождения данной преддипломной практики обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения, общекультурные и профессиональные компетенции: ОПК-2, 4, 5; ПК-3, 6, 7

*общефессиональные компетенции:*

способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации (ОПК-4);

способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);

*профессиональные компетенции:*

готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3);

способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-6);

готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-7).