

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники
и электроники

 / В.А. Небольсин /
31 августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

«Физические основы электроники»

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 мес.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2021

Автор программы

 Т.В. Свистова

И.о. заведующего кафедрой
полупроводниковой электроники
и наноэлектроники

 А.В. Строгонов

Руководитель ОПОП

 А.В. Арсентьев

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: изучение физики электронных процессов в вакууме, газах, твердых телах, на границах раздела сред и принципов построения и работы электронных приборов различного назначения.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

– изучение физических процессов и законов, лежащих в основе принципов действия полупроводниковых приборов и определяющих характеристики и параметры этих приборов;

– изучение основ физики вакуума и плазмы, физических явлений и процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники;

– формирование навыков экспериментальных исследований и техники измерений характеристик и параметров электронных приборов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.О.21 «Физические основы электроники» относится к обязательной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы электроники» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1: способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;

ОПК-2: способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать физические основы вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники;
	уметь применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;
	владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердо-

	тельной электроники.
ОПК-2	знать конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;
	уметь применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники;
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик электронных приборов и устройств.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы электроники» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	116	116
В том числе:		
Лекции	48	48
Лабораторные работы (ЛР)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Самостоятельная работа	28	28
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+
Общая трудоемкость	час	180
	зач. ед.	5

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	16	16
В том числе:		
Лекции	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Самостоятельная работа	155	155
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	9	9
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+

Общая трудоемкость	час	180	180
	зач. ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Физические основы работы приборов твердотельной электроники	Основные свойства полупроводников. Процессы переноса носителей заряда в полупроводниках. Фундаментальная система уравнений физики полупроводниковых приборов. <i>Самостоятельно.</i> Уравнение плотности тока. Уравнение непрерывности потока. Уравнение Пуассона.	4	2	-	2	8
2	Контактные явления в полупроводниках	Разновидности электрических переходов и контактов. Электронно-дырочный переход, принцип действия, прямое и обратное включение. Теоретическая вольт-амперная характеристика <i>p-n</i> -перехода. Реальная вольт-амперная характеристика <i>p-n</i> -перехода. Пробой <i>p-n</i> -перехода. Эквивалентные схемы <i>p-n</i> -перехода. МДП-структура. Режимы смещения. Вольт-фарадная характеристика. <i>Самостоятельно.</i> Переходы между полупроводниками с одним типом электропроводности (<i>p+ - p, n+ - n</i>). Контакты металл – полупроводник (омический, переход Шоттки). Гетеропереходы.	8	4	4	4	20
3	Полупроводниковые диоды	Устройство, схемы включения и модели полупроводниковых диодов. Выпрямительные диоды. Специальные типы диодов: варикапы, стабилитроны, стабилитроны, туннельные и обращенные диоды. <i>Самостоятельно.</i> Высокочастотные, импульсные диоды, диоды с накоплением заряда, диоды Шоттки.	4	4	10	2	20
4	Биполярные транзисторы	Структура и принцип действия биполярного транзистора. Режимы работы. Схемы включения. Статические характеристики биполярных транзисторов. Модели и малосигнальные параметры биполярных транзисторов. Переходные и частотные характеристики биполярных транзисторов. <i>Самостоятельно.</i> Усилительные свойства биполярного транзистора. Общие сведения о графоаналитическом расчете усилителя на биполярном транзисторе. Методика расчета.	8	4	4	4	20
5	Полевые приборы	Полевые приборы, классификация и основные особенности. Полевой транзистор с управляющим <i>p-n</i> -переходом (ПТУП), устройство, принцип действия, статические характеристики, параметры. <i>Самостоятельно.</i> Малосигнальная эквивалентная схема ПТУП. Полевой транзистор Шоттки, его статические характеристики, параметры. Устройство, принцип действия, статические характеристики и параметры МДП-транзистора с индуцированным каналом. Устройство, принцип действия, статические характеристики и параметры МДП-транзистора с встроенным каналом. <i>Самостоятельно.</i> Эквивалентные схемы МДП-транзисторов. Общие сведения о графоаналитическом расчете усилителя на полевом транзисторе. Методика расчета.	8	4	4	6	22
6	Тиристоры	Устройство и принцип действия динистора, тиристора. ВАХ динистора, тиристора. Способы включения тиристора. Способы включения тиристора. <i>Самостоятельно.</i> Статические и динамические параметры тиристора. Симистор, устройство, принцип действия, ВАХ.	4	4	-	2	10
7	Физические основы эмиссионной электроники	Эмиссия. Виды эмиссии в твердых телах. Классификация электровакуумных приборов и их устройство. Электровакуумные диоды, принцип действия, характеристики, параметры. Электровакуумные триоды, принцип действия, характеристики, параметры. Многоэлектродные лампы, принцип действия, характеристики, параметры. <i>Самостоятельно.</i> Фотоэлектронные приборы, принцип действия, характеристики, параметры	4	4	8	2	18
8	Электронные потоки в вакуу-	Типы электронных пучков, их основные характеристики. Системы формирования электронного потока. Электронный прожектор.	4	4	-	2	10

	ме, их формирование и транспортировка	Фокусирующие системы. Отклоняющие системы. Экраны. <i>Самостоятельно</i> . Особенности электронно-лучевых приборов различного назначения. Осциллографические трубки. Кинескопы.					
9	Физические основы газоразрядной электроники	Электрические явления в газах. Появление и исчезновение заряженных частиц в газах. Несамостоятельный и самостоятельный разряд. Разновидности газовых разрядов: тлеющий, дуговой, искровой, коронный, высокочастотный разряды. <i>Самостоятельно</i> . Приборы газоразрядной электроники. Газоразрядные индикаторные панели. Плазменные дисплеи и телевизионные экраны. Импульсный водородный тиратрон. Игнитрон.	4	4	4	4	16
Всего			48	34	34	28	144
Контроль							36
Итого							180

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Физические основы работы приборов твердотельной электроники	<i>Самостоятельно</i> . Основные свойства полупроводников. Процессы переноса носителей заряда в полупроводниках. Фундаментальная система уравнений физики полупроводниковых приборов.	-	-	-	16	16
2	Контактные явления в полупроводниках	Разновидности электрических переходов и контактов. Электронно-дырочный переход, принцип действия, прямое и обратное включение. Теоретическая вольт-амперная характеристика <i>p-n</i> -перехода. Реальная вольт-амперная характеристика <i>p-n</i> -перехода. Пробой <i>p-n</i> -перехода. Эквивалентные схемы <i>p-n</i> -перехода. <i>Самостоятельно</i> . Переходы между полупроводниками с одним типом электропроводности (<i>p+ - p, n+ - n</i>). Контакты металл – полупроводник (омический, переход Шоттки). Гетеропереходы. МДП-структура. Режимы смещения. Вольт-фарадная характеристика.	2	-	-	18	20
3	Полупроводниковые диоды	<i>Самостоятельно</i> . Устройство, схемы включения и модели полупроводниковых диодов. Выпрямительные диоды. Специальные типы диодов: варикапы, стабилитроны, стабилитроны, туннельные и обращенные диоды. Высокочастотные, импульсные диоды, диоды с накоплением заряда, диоды Шоттки.	-	-	-	16	16
4	Биполярные транзисторы	<i>Самостоятельно</i> . Структура и принцип действия биполярного транзистора. Режимы работы. Схемы включения. Статические характеристики биполярных транзисторов. Модели и малосигнальные параметры биполярных транзисторов. Переходные и частотные характеристики биполярных транзисторов.	-	2	2	18	22
5	Полевые приборы	Полевые приборы, классификация и основные особенности. Полевой транзистор с управляющим <i>p-n</i> -переходом (ПТУП), устройство, принцип действия, статические характеристики, параметры. <i>Самостоятельно</i> . Малосигнальная эквивалентная схема ПТУП. Полевой транзистор Шоттки, его статические характеристики, параметры. Устройство, принцип действия, статические характеристики и параметры МДП-транзистора с индуцированным каналом. Устройство, принцип действия, статические характеристики и параметры МДП-транзистора с встроенным каналом. <i>Самостоятельно</i> . Эквивалентные схемы МДП-транзисторов. Общие сведения о графоаналитическом расчете усилителя на полевом транзисторе. Методика расчета.	2	2	2	19	25
6	Тиристоры	<i>Самостоятельно</i> . Устройство и принцип действия динистора, тиристора. ВАХ динистора, тиристора. Способы включения тиристора. Способы выключения тиристора. Статические и динамические параметры тиристора. Симистор, устройство, принцип действия, ВАХ.	-	-	-	16	16
7	Физические основы эмиссионной электроники	Эмиссия. Виды эмиссии в твердых телах. Классификация электровакуумных приборов и их устройство. Электровакуумные диоды, принцип действия, характеристики, параметры. Электровакуумные триоды, принцип действия, характеристики, параметры. <i>Самостоятельно</i> . Многоэлектродные лампы, принцип действия, характеристики, параметры. Фотоэлектронные приборы, принцип действия, характеристики, параметры	2	-	-	18	20
8	Электронные потоки в вакууме, их формирование	Типы электронных пучков, их основные характеристики. Системы формирования электронного потока. Электронный прожектор. Фокусирующие системы. Отклоняющие системы. Экраны. <i>Самостоятельно</i> .	-	-	-	16	16

	вание и транспортировка	<i>стоятельно.</i> Особенности электронно-лучевых приборов различного назначения. Осциллографические трубки. Кинескопы.					
9	Физические основы газоразрядной электроники	Электрические явления в газах. Появление и исчезновение заряженных частиц в газах. Несамостоятельный и самостоятельный разряд. Разновидности газовых разрядов: тлеющий, дуговой, искровой, коронный, высокочастотный разряды. <i>Самостоятельно.</i> Приборы газоразрядной электроники. Газоразрядные индикаторные панели. Плазменные дисплеи и телевизионные экраны. Импульсный водородный тиратрон. Игнитрон.	2	-	-	18	20
Всего			8	4	4	155	171
Контроль							9
Итого							180

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование вольт-фарадной характеристики МДП-структуры.
2. Исследование влияния температуры на вольт-амперные характеристики полупроводниковых диодов.
3. Исследование вольт-амперных характеристик и параметров специальных видов диодов.
4. Измерение статических вольт-амперных характеристик и основных параметров биполярных транзисторов схема с ОЭ
5. Измерение статических вольт-амперных характеристик и основных параметров полевых транзисторов.
6. Изучение физических основ работы электровакуумного диода.
7. Изучение физических основ работы электровакуумного триода.
8. Изучение физических основ работы газоразрядных приборов.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Физические основы электроники» предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы обучения, в 7 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет силового тиристора»

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет силового тиристора»

Курсовая работа по дисциплине «Физические основы электроники» предусматривает расчет конкретного полупроводникового прибора, поэтому в курсовую работу входит разработка топологии прибора, выбор его законченной конструкции и расчет основных параметров.

Каждый студент получает индивидуальное задание на курсовую работу. В задании приводится наименование темы и исходные данные для расчета топологии и структуры полупроводникового прибора.

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- научиться самостоятельно работать с технической и научной литературой;
- проработать вопросы теории и конструирования полупроводниковых приборов;

- обоснованно подходить к выбору технических решений при расчете прибора;
- критически оценивать результаты, полученные при расчете топологии прибора, его параметров и характеристик;
- уметь четко и грамотно излагать свои мысли и наглядно представлять результаты расчетов.

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

Учебным планом по дисциплине «Физические основы электроники» не предусмотрено выполнение контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать физические основы вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники;	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
	уметь применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
	владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной электроники.	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
ОПК-2	знать конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;	Выполнение лабораторных работ согласно индивидуальному графику	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов	Обработка результатов измерений, анализ полученных данных	Выполнение работ в срок, предусмотрен-	Невыполнение работ в срок, предусмотрен-

	и устройств твердотельной электроники;		ный в рабочих программах	ный в рабочих программах
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик электронных приборов и устройств.	Соблюдение правил техники безопасности при выполнении лабораторных работ; учет погрешности измерений	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, в 7 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ОПК-1	знать физические основы вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники;	Тест	Выполнение теста на 90 - 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной электроники.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-2	знать конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств вакуумной, плазменной и твердотельной электроники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами экспериментальных исследований парамет-	Решение приклад-	Задачи решены в	Продемонстрирован вер-	Продемонстрирован	Задачи не решены

	ров и характеристик электронных приборов и устройств.	ных задач в конкретной предметной области	полном объеме и получены верные ответы	ный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	верный ход решения в большинстве задач	
--	---	---	--	--	--	--

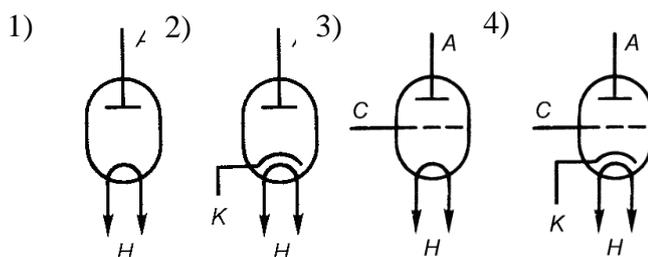
7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

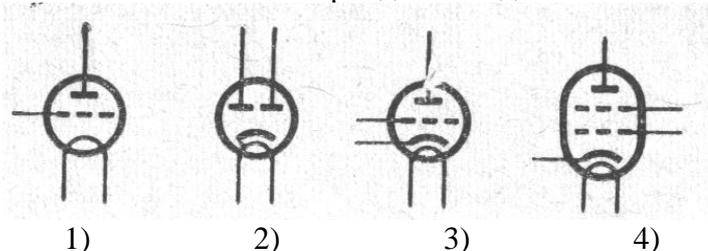
1. *P-n* переход – это:

1. область между полупроводниками различных типов, соприкасающимися между собой;
2. обедненный подвижными носителями заряда слой на границе раздела двух полупроводников с разным типом проводимости;
3. скачок потенциала на границе различных полупроводников;
4. обогащенный подвижными носителями заряда слой на границе раздела двух полупроводников с разным типом проводимости.

2. Укажите условное обозначение в схемах диода с катодом прямого накала



3. Укажите условное обозначение в схемах триода с катодом косвенного накала



4. Эмиттером называется область транзистора

1. с низкой концентрацией примеси;
2. назначением которой является инжекция в базу неосновных носителей;
3. со стороны открытого *p-n*-перехода;
4. назначением которой является экстракция из базы неосновных носителей.

5. Толщина *p-n*-перехода при обратном включении:

1. уменьшается;
2. увеличивается;
3. не изменяется;
4. сначала уменьшается, а потом увеличивается.

6. При режиме насыщения транзистора

1. эмиттерный и коллекторный переходы закрыты;
2. эмиттерный переход открыт, а коллекторный закрыт;
3. эмиттерный переход закрыт, а коллекторный открыт;
4. эмиттерный и коллекторный переходы открыты.

7. Укажите определение крутизны полевого транзистора.

$$1) S = \left. \frac{\partial I_u}{\partial U_{cu}} \right|_{U_{zc} = const} \quad 2) S = \left. \frac{\partial I_c}{\partial U_{cz}} \right|_{U_{zu} = const}$$

$$3) S = \left. \frac{\partial I_c}{\partial U_{cu}} \right|_{U_{zc} = const} \quad 4) S = \left. \frac{\partial I_c}{\partial U_{zu}} \right|_{U_{cu} = const}$$

8. Управление током в МДП-транзисторе основано на изменении:

5. ширины перехода и сечения канала базы при изменении входного напряжения.
6. сопротивления канала вследствие изменения концентрации носителей.
7. коэффициента передачи тока под действием входного напряжения.
8. емкости перехода.

9. В изображенной на рис. 1 структуре двухэлектродного тиристора (динистора):

1. переходы Π_1 и Π_3 смещены в обратном направлении, переход Π_2 – в прямом;
2. переход Π_2 смещен в обратном направлении, а переходы Π_1 и Π_3 – в прямом;
3. все переходы смещены в прямом направлении;
4. все переходы смещены в обратном направлении.

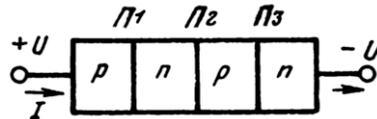


Рис. 1. Структура двухэлектродного тиристора (динистора)

10. Диодный тиристор (динистор) – это:

1. управляемый переключательный диод, у которого имеется вывод p -базы, называемый управляющим электродом;
2. неуправляемый переключательный диод, у которого базы не имеют выводов;
3. управляемый переключательный диод, у которого обе базы снабжены выводами, т.е. в приборе имеются два управляющих электрода.
4. симметричный тиристор, т. е. тиристор с симметричной ВАХ.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Энергетическая диаграмма p - n -перехода
2. Энергетическая диаграмма p - i -перехода
3. Вольт-амперная характеристика диода
4. Зонные диаграммы идеальных МДП-структур при различных напряжениях на затворе
5. Основные схемы включения биполярного транзистора
6. Входные и выходные характеристики биполярных транзистора в схеме с ОЭ
7. Вольт-амперная характеристика динистора

8. Передаточные и выходные характеристики МДП-транзисторов с индуцированным каналом

9. Анодные характеристики электровакуумного триода

10. Классификация электрических разрядов в газе

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Пусть градиент потенциала в образце кремния собственной проводимости составляет 400 В/м, а подвижность электронов и дырок равны 0,12 и 0,025 м²/В·с соответственно. Определите для этого образца:

- а) скорости дрейфа электронов и дырок;
- б) удельное сопротивление кремния собственной проводимости, полагая, что концентрация собственных носителей тока $2,5 \cdot 10^{16}$ м⁻³;
- в) полный дрейфовый ток, если площадь поперечного сечения образца равна $3 \cdot 10^{-6}$ м².

2. Пластина из германия *n*-типа имеет удельное сопротивление $\rho = 0,1$ Ом·см и ширину $d = 10^{-2}$ см. К пластине приложена разность потенциалов $U = 1$ В. Вычислите:

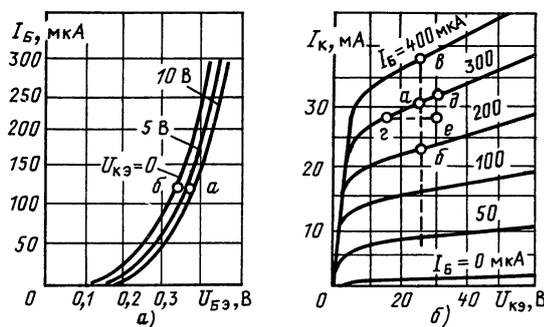
- а) плотность тока;
- б) время, которое потребуется для того, чтобы носитель заряда пересек пластину;
- в) отношение плотностей токов дырок и электронов.

Положите, что $\mu_n = 3900$ см²/В·с; $\mu_p = 1900$ см²/В·с; $n_i = 2,4 \cdot 10^{13}$ см⁻³.

3. Найти тепловой ток для германиевого плоскостного диода при комнатной температуре (300 К), если площадь поперечного сечения $S = 4$ мм²; $\sigma_p = 1$ Сим/см; $\sigma_n = 1$ Сим/см; $L_p = L_n = 0,15$ см. Концентрация собственных носителей $n_i = 2,5 \cdot 10^{13}$ см⁻³; подвижность электронов $\mu_n = 3900$ см²/В·с; подвижность дырок $\mu_p = 1900$ см²/В·с.

4. Некоторый диод имеет тепловой ток $I_S = 10$ мкА, приложенное к диоду напряжение равно 0,5 В. Пользуясь упрощенным уравнением ВАХ диода, найти отношение прямого тока к обратному при комнатной температуре.

5. По выходным характеристикам транзистора определить параметры $h_{11Э}$ и $h_{12Э}$ в рабочей точке с напряжениями $U_{БЭ} = 350$ мВ и $U_{КЭ} = 5$ В.

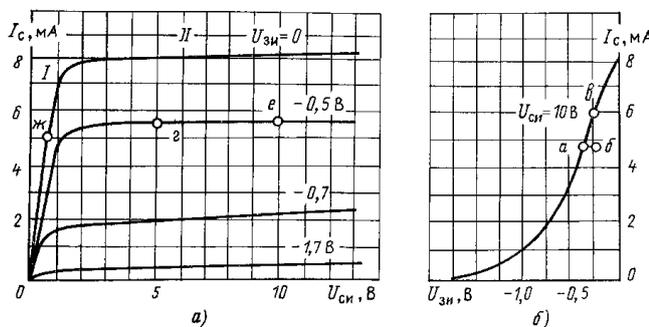


6. Найти изменение коэффициента передачи тока базы и изменение фазы выходного тока транзистора в схеме с ОЭ на частоте 150 кГц, если предельная частота этого транзистора для схемы с ОЭ составляет 100 кГц.

7. В газоразрядной трубке находится газ под давлением. Электроды расположены на расстоянии $d = 5$ мм друг от друга. Трубка помещена в однородное электрическое поле. Про-

бой наступает при 400 В. Определить коэффициент первичной ионизации α и коэффициент умножения β при напряжении 200 В и расстоянии между электродами 2,5 мм в том же самом приборе, если коэффициент вторичной эмиссии $\gamma = 0,02$.

8. Полевой транзистор с $p-n$ -переходом имеет вольт-амперные характеристики, показанные на рисунке. Определить тип канала и основные параметры этого транзистора.



9. На затворе полевого транзистора с $p-n$ -переходом напряжение изменилось на 0,5 В. При этом для обеспечения постоянства тока стока потребовалось изменить напряжение стока на 20 В. Определить крутизну характеристики, если внутреннее сопротивление прибора 0,2 МОм.

10. Изменение анодного тока $\Delta I_a = 4$ мА получается в триоде либо путем изменения анодного напряжения $\Delta U_a = 50$ В, либо путем изменения сеточного напряжения $\Delta U_c = 1,25$ В. Определить крутизну характеристики, внутреннее сопротивление и статический коэффициент усиления.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Основные параметры и свойства полупроводников.
2. Электропроводность полупроводников и явления переноса зарядов.
3. Переход между полупроводниками с одним типом электропроводности. Принцип действия. ($p+ - p, n+ - n$). Энергетическая диаграмма.
4. $p-i, n-i$ - переход. Принцип действия. Энергетическая диаграмма.
5. Выпрямляющий контакт металл – полупроводник. Омический контакт металл – полупроводник.
6. Анизотипные гетеропереходы. Изотипные гетеропереходы.
7. Электронно-дырочный переход. Принцип действия. Энергетическая диаграмма
8. Прямое включение $p-n$ -перехода. Обратное включение $p-n$ -перехода.
9. Теоретическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) $p-n$ -перехода. Реальная ВАХ $p-n$ -перехода.
10. Лавинный пробой $p-n$ -перехода. Туннельный пробой $p-n$ -перехода. Тепловой пробой $p-n$ -перехода.
11. Эквивалентные схемы $p-n$ -перехода. Барьерная емкость $p-n$ -перехода. Диффузионная емкость $p-n$ -перехода.
12. Особенности переходных процессов в $p-n$ -переходе. Частотные свойства $p-n$ -перехода.

13. Идеальная МДП-структура. Режимы смещения МДП-структуры (полупроводник *p*-типа, полупроводник *n*-типа).
14. Понятие сильной и слабой инверсии. Пороговое напряжение.
15. Емкость идеальной МДП-структуры. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры.
16. Компоненты заряда в реальном диоксиде кремния. Влияние заряда в реальной двуокиси кремния на вольт-фарадную характеристику МДП-структуры
17. МДП-структура с сильно-легированной областью.
18. Классификация полупроводниковых диодов. Основные параметры диодов.
19. Выпрямительные диоды. Стабилитроны и стабисторы. Варикапы.
20. Туннельные и обращенные диоды. Импульсные диоды. Диоды с накоплением заряда
21. СВЧ-, ВЧ-диоды. *P-i-n*-диоды. Диоды Шоттки.
22. Структура и схемы включения биполярного транзистора (БТ). Основные режимы работы БТ. Принцип действия БТ (схема с ОЭ, ОБ).
23. Статические характеристики транзистора, включенного по схеме с общей базой; включенного по схеме с общим эмиттером
24. Эквивалентные схемы транзисторов. Система *u*-параметров. Система *h*-параметров. Переходные характеристики БТ
25. Работа транзистора с высокочастотными сигналами.
26. Полевые приборы. Классификация и основные особенности.
27. Принцип действия полевого транзистора с управляющим *p-n*-переходом (ПТУП).
28. Статические характеристики полевого транзистора с управляющим *p-n*-переходом (выходные и передаточные).
29. Малосигнальная эквивалентная схема ПТУП.
30. Полевой транзистор Шоттки, его статические характеристики.
31. МДП-транзистор с индуцированным каналом. МДП-транзистор с встроенным каналом.
32. Статические характеристики МДП-транзисторов с встроенным каналом.
33. Статические характеристики МДП-транзисторов с индуцированным каналом.
34. Эквивалентная схема МДП-транзистора.
35. Устройство и принцип действия тиристора. Процессы, происходящие в тиристоре при прямом и обратном включении. ВАХ тиристора, ее основные участки.
36. Эмиссия. Виды эмиссии в твердых телах.
37. Классификация электровакуумных приборов и их устройство. Термокатоды, фотокатоды, диоды. Аноды. Сетки и сеточные токи.
38. Электровакуумные диоды. Принцип действия. Характеристики. Параметры.
39. Электровакуумные триоды. Принцип действия. Характеристики. Параметры.
40. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители.
41. Типы электронных пучков, их основные характеристики.
42. Физические модели электронных потоков. Системы формирования электронного потока. Электронный прожектор.
43. Фокусирующие системы. Электростатические и магнитные электронные линзы.
44. Электростатические и магнитные отклоняющие системы.
45. Экраны электронно-лучевых трубок.
46. Особенности электронно-лучевых приборов различного назначения.
47. Осциллографическая трубка. Кинескоп
48. Электрические явления в газах. Виды электрических разрядов в газах.
49. Особенности газоразрядных приборов различного назначения.
50. Плазменные дисплеи и телевизионные экраны. Импульсный водородный тиратрон. Игнитрон

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Оценка знаний студентов производится по следующему критерию:

– оценка «отлично» выставляется, если на все вопросы даны отличные ответы или 2 вопроса оценены на «отлично», а 1 вопрос – на «хорошо»;

– оценка «хорошо» выставляется, если 2 вопроса оценены на «отлично» или «хорошо», а 1 вопрос – на «удовлетворительно»;

– оценка «удовлетворительно» выставляется, если 2 вопроса оценены на «удовлетворительно» или один из вопросов оценен на «неудовлетворительно» при любых оценках на оставшиеся вопросы;

– оценка «неудовлетворительно» выставляется, если более 1 вопроса оценены на «неудовлетворительно».

Оценка	Критерии оценок
Отлично	Корректное использование широкого спектра научных понятий. Рассуждения логически непротиворечивы, последовательны, выявлены причинно-следственные связи, осуществлен последовательный анализ проблемы, все выводы обоснованы достоверной фактологической базой. Продемонстрировано умение целостно видеть проблему, выделять ее ключевое звено.
Хорошо	Достаточный уровень знаний. Может быть продемонстрировано знание основных принципов и концепций при наличии некоторых несущественных пробелов. Целостное видение рассматриваемой проблемы присутствует, но не до конца выражено в авторском анализе.
Удовлетворительно	Удовлетворительный уровень знаний. Налицо ряд пробелов в знании основных принципов и концепций. Анализ проблемы проведен фрагментарно. Выводы в основном верные, но в рассуждении допущены логические пробелы, мешающие целостному видению рассматриваемой проблемы.
Неудовлетворительно	Низкий уровень знаний. Допущены существенные ошибки. Отсутствие логических рассуждений, понимания проблемы, необоснованность выводов.

При получении оценок «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Физические основы работы приборов твердотельной электроники	ОПК-1, ОПК-2	Тест, устный опрос
2	Контактные явления в полу-	ОПК-1, ОПК-2	Тест, защита лабораторных ра-

	проводниках		бот, устный опрос
3	Полупроводниковые диоды	ОПК-1, ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
4	Биполярные транзисторы	ОПК-1, ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
5	Полевые приборы	ОПК-1, ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
6	Тиристоры	ОПК-1, ОПК-2	Тест, устный опрос
7	Физические основы эмиссионной электроники	ОПК-1, ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос
8	Электронные потоки в вакууме, их формирование и транспортировка	ОПК-1, ОПК-2	Тест, устный опрос
9	Физические основы газоразрядной электроники	ОПК-1, ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 10 – 15 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. **Смирнов Ю.А.** Физические основы электроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. - 2-е изд., испр. - СПб.: Лань, 2021. - 560 с. - ISBN 978-5-8114-1369-0. URL: <https://e.lanbook.com/book/168522>

2. **Свистова Т.В.** Вакуумная и плазменная электроника: учеб. пособие. Ч. 1 / Т.В. Свистова. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2005. – 178 с.

3. **Свистова Т.В.** Вакуумная и плазменная электроника: учеб. пособие. Ч. 2 / Т.В. Свистова. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2005. – 103 с.

4. **Свистова Т.В.** Приборы твердотельной электроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Т.В. Свистова. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2012. – 294 с.

5. **Пасынков В.В.** Полупроводниковые приборы: учебник / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб.: Лань, 2003. - 480 с. - ISBN 5-8114-0368-2

6. **Пасынков В.В.** Полупроводниковые приборы [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. - 9-е изд. - СПб.: Лань, 2021. - 480 с. - ISBN 978-5-8114-0368-4. URL: <https://e.lanbook.com/book/167773>

7. **Прянишников В.А.** Электроника: полный курс лекций / В.А.Прянишников. - 4-е изд. - СПб.: Корона-Принт, 2004. - 416 с. - ISBN 5-7931-0018-0

Дополнительная литература

8. **Свистова Т.В.** Твердотельная электроника: учеб. пособие. Ч. 1 / Т. В. Свистова. – Воронеж: ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2006. – 193 с.

9. **Свистова Т.В.** Твердотельная электроника: учеб. пособие. Ч. 2 / Т.В. Свистова. – Воронеж: ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2006. – 173 с.

10. **Щука А.А.** Электроника: учеб. пособие / А.А. Щука; под ред. А.С. Сигова. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с. - ISBN 5-94157-461-4

11. **Терехов В.А.** Задачник по электронным приборам / В.А. Терехов. – СПб.: Лань, 2003. – 280 с. - ISBN: 5-8114-0503-0

12. **Тугов Н.М.** Полупроводниковые приборы: учеб. пособие / Н.М. Тугов, Б.А. Глебов, Н.А. Чарыков; под ред. В.А. Лабунцова. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576с. : ил. - ISBN 5-283-00554-2

13. **Шошин Е.Л.** Электроника. Полупроводниковые приборы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е.Л. Шошин. - М.: Ай Пи Ар Медиа, 2021. - 238 с. - ISBN 978-5-4497-0508-2. URL: <http://www.iprbookshop.ru/100742.html>

14. **Горлов М.И.** Электроравакуумные и газоразрядные приборы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.И. Горлов, Т.В. Свистова. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2004.

15. **Расчет силового тиристора** [Электронный ресурс]: методические указания для выполнения курсовых работ по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», (профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника») очной формы обучения / сост.: Т.В. Свистова. - Электрон. текстовые, граф. дан. (527 кб). - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2019. (№ 30-2019)

16. **Методические указания** к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов направления подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» очной формы обучения. Ч. 1 [Электронный ресурс] / сост. Т.В. Свистова. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГТУ», 2016. 36 с. (№ 107-2016)

17. **Методические указания** к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов направления подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» очной формы обучения. Ч. 2 [Электронный ресурс] / сост. Т.В. Свистова. - Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГТУ», 2016. 63 с. (№ 108-2016)

18. **Физические основы электроники** [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению контрольной работы для студентов направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника») заочной

формы обучения / сост.: Т.В. Свистова. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2022. – 19 с. (№ 681-2022).

19. ГОСТ 2.105-2019. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2019. – 35 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:

- Операционные системы семейства MSWindows;
- Пакет офисных программ LibreOffice;
- Программа просмотра файлов WinDjview;
- Программа просмотра файлов формата pdf Adobe Acrobat Reader;
- Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- Математический пакет MathCad Express, Smath Studio;
- Среда разработки Python;
- Система управления курсами Moodle;

Используемые электронные библиотечные системы:

- Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL»:
<http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;
- ЭБС Издательства «ЛАНЬ», в том числе к коллекциям «Инженерно-технические науки», «Физика»: <http://e.lanbook.com/>;
- ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>.

Информационные справочные системы:

- портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования: <http://fgosvo.ru/>;
- единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>;
- открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ: <http://online.mephi.ru/>;
- открытое образование: <https://openedu.ru/>;
- физический информационный портал: <http://phys-portal.ru/index.html>
- Профессиональные справочные системы «Техэксперт»: <https://cntd.ru>
- Электронная информационная образовательная среда ВГТУ:
<https://old.education.cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Лекционная аудитория 311/4, укомплектованная специализированной мебелью и оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций: мультимедиа-проектором, стационарным экраном, наборами демонстрационного оборудования (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

- комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
 - рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 22 человека.
- проектор BenQ MP515 DLP;

экран ScreenMedia настенный.

огнетушитель.

2. Лаборатория физики полупроводниковых приборов, ауд. 208/4, укомплектованная специализированной мебелью и оснащенная оборудованием для проведения лабораторных занятий (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);

рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 22 человека;

генератор Г4-18А (3 штуки);

измеритель иммитанса Е7-20;

осциллограф С1-104 (2 штуки);

лабораторный источник питания НУ5003 (2 штуки);

осциллограф С9-4А (2 штуки);

электрометр У1-7;

частотомер ЧЗ-34;

вольтметр В7-20 (2 штуки);

осциллограф С1-73;

вольтметр селективный GMS;

осциллограф МСР ОСУ-10А;

генератор сигналов FG-515;

генератор ГЗ-104 (2 штуки);

вольтметр В7-16;

вольтметр цифровой В2-20;

обучающее устройство (2 штуки);

огнетушитель.

3. Дисплейный класс для самостоятельной работы студентов, укомплектованный специализированной мебелью и оснащенный персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, ауд. 209/4 (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);

рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 20 человек.

компьютер-сборка каф.9;

компьютер в составе: (Н61/IntelCorei3/Кв/М/20" LCD);

компьютер-сборка каф.7;

компьютер-сборка каф.3;

компьютер в составе: (Н61/IntelCorei3/Кв/М/23" LCD);

компьютер-сборка каф.5;

компьютер-сборка каф.4;

компьютер-сборка каф.8;

компьютер-сборка каф.2;

компьютер-сборка каф.6;

компьютер-сборка каф.10;

комп. в сост: Сист.блок RAMEC GALE,монитор 17" LCD;

компьютер-сборка каф.1;

экран Projecta ProScreen настенный рулонный;

проектор BenQ MP515 DLP;

огнетушитель.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физические основы электроники» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия, выполняются курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета параметров электронных приборов. Занятия проводятся путем решения стандартных и прикладных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы студенты должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины осуществляется тестированием и защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;

	<ul style="list-style-type: none"> - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Курсовая работа	<p>При выполнении курсовой работы студенты должны научиться правильно и творчески использовать знания, полученные ими на лекциях и лабораторных занятиях.</p> <p>Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществить поиск необходимой информации по теме работы; - систематизировать найденную информацию; - осуществить обзор литературных источников по заданной теме; - выработать умения решать прикладные задачи
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.	04.02.2025	
2			
3			
4			