

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Наумова Наталия Александровна

Должность: Ректор

Дата подписания: 12.11.2025 12:22:44

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Уникальный программный ключ:  
6b5279da4e034ebff679172803da5b7b559fc69e2  
**«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»**  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано  
деканом физико-математического  
факультета  
«26» марта 2024 г.

/Кулешова Ю.Д./

## Рабочая программа дисциплины

Физическая электроника

### Направление подготовки

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

**Профиль:**  
Физика и информатика

**Квалификация**  
Бакалавр

**Формы обучения**  
Очная, очно-заочная

Согласовано учебно-методической комиссией  
физико-математического факультета

Протокол «26» марта 2024 г. № 7

Председатель УМКом

/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой  
фундаментальной физики и  
нанотехнологии

Протокол от «26» марта 2024 г. № 11

Зав. кафедрой

/Холина С.А./

Мытищи  
2024

Авторы-составители:

Барабанова Н.Н., кандидат физико-математических наук, доцент,  
Васильчикова Е.Н., кандидат физико-математических наук, доцент,  
Емельянов В.А., кандидат физико-математических наук, доцент.

Рабочая программа дисциплины «Физическая электроника» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилиями подготовки), утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 22.02.2018 г. № 125.

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)», и является обязательной для изучения

Год начала подготовки (по учебному плану) 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Планируемые результаты обучения	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Объем и содержание дисциплины	4
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся	8
5. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине	10
6. Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины	17
7. Методические указания по освоению дисциплины	18
8. Информационные технологии для осуществления образовательного процесса по дисциплине	18
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	19

# **1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

## **1.1. Цель и задачи дисциплины**

**Цель освоения дисциплины:** овладение студентами действенными знаниями о сущности электромагнитных процессов в электронных устройствах, изучение принципов действия и характеристик полупроводниковых приборов, типовых функциональных узлов электронных устройств и принципов их применения в управляющих и информационных системах.

**Задачи дисциплины:** изучение основных понятий, явлений и законов физической электроники, а также овладение основными методами анализа электронных устройств; формирование научного мышления, правильного понимания границ применимости различных электромагнитных законов, теорий и владения методами оценки степени достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и математических методов исследования на моделях электронных устройств; ознакомление с устройством, основными характеристиками и принципами работы электронных устройств; практическое изучение способов проведения электрических измерений.

## **1.2. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

ПК-1. Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач

# **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)», и является обязательной для изучения.

Для освоения дисциплины «Физическая электроника» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения следующих дисциплин: «Элементарная физика», «Общая и экспериментальная физика», «Высшая математика». Освоение данной дисциплины является основой для изучения дисциплины «Теоретические основы информатики».

# **3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **3.1. Объем дисциплины**

Показатель объема дисциплины	Форма обучения	
	Очная	очно-заочная
Объем дисциплины в зачетных единицах	3	3
Объем дисциплины в часах	108	108
<b>Контактная работа:</b>	48.2	32.2
Лекции	16	10
Лабораторные занятия	32	22
из них, в форме практической подготовки	32	22

Контактные часы на промежуточную аттестацию:	0,2	0,2
зачет	0,2	0,2
Самостоятельная работа	52	68
Контроль	7,8	7,8

Формой промежуточной аттестации для очной формы обучения является зачет в 9 семестре.

Формой промежуточной аттестации для очно-заочной формы обучения является зачет в А семестре.

### 3.2. Содержание дисциплины

#### Очная форма обучения

Наименование разделов (тем) дисциплины с кратким содержанием	Количество часов		
	Лекции	Лабораторные занятия	
		Общее кол-во	из них, в форме практической подготовки
<b>Тема 1 Физические основы работы полупроводниковых приборов.</b> Энергетические уровни и зоны. Собственная электропроводность полупроводников. Электропроводность полупроводников. Электроннодырочный переход. Виды пробоев $p-n$ -перехода. Ёмкость $p-n$ -перехода. Контакт «металл – полупроводник». Свойства омических переходов.	2	4	4
<b>Тема 2. Полупроводниковые диоды.</b> Выпрямительные диоды. Особенности вольт-амперных характеристик выпрямительных диодов. Стабилитроны. Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Двухполупериодная схема выпрямления со средней точкой. Однофазная мостовая схема.	2	4	4

<b>Тема 3. Полевые транзисторы.</b> Полевой транзистор с управляющим $p-n$ -переходом. Схемы включения полевых транзисторов. Статические характеристики полевых транзисторов. Основные параметры полевых транзисторов. Полевые транзисторы с изолированным затвором.	2	4	4
<b>Тема 4. Биполярные транзисторы.</b> Структура и основные режимы работы биполярного транзистора. Физические процессы в биполярном транзисторе. Схемы включения транзистора. Статические характеристики биполярного транзистора.	2	4	4
<b>Тема 5. Электронные усилители.</b> Классификация усилителей и их основные характеристики. Апериодический усилитель. Обратная связь и ее влияние на характеристики усилителя.	2	4	4
<b>Тема 6. Логические элементы цифровых устройств.</b> Элементы алгебры логики. Таблица истинности. Общие сведения о логических элементах. Основные логические элементы.	2	4	4
<b>Тема 7. Базовые логические элементы.</b> Интегральные микросхемы Транзисторный ключ. Базовый элемент ТТЛ. Базовый элемент на КМДП структурах. Классификация микросхем. Технологии изготовления микросхем. Назначение микросхем.	2	4	4
<b>Тема 8. Цифровые устройства последовательностного типа.</b> Классификация триггеров. Асинхронный RS-триггер. Тактируемый RS-триггер. D-триггеры. T-триггер. Регистры.	2	4	4
Итого	16	32	32

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

<b>Тема</b>	<b>Задание на практическую подготовку</b>	<b>количество часов</b>
<b>Тема 1 Физические основы работы полупроводниковых приборов.</b> Энергетические уровни и зоны. Собственная электропроводность полупроводников. Электропроводность полупроводников. Электронно-дырочный переход. Виды пробоев $p-n$ -перехода. Ёмкость $p-n$ -перехода. Контакт «металл – полупроводник». Свойства омических переходов.	Разработать и провести опыт по теме «Физические основы работы полупроводниковых приборов»	4
<b>Тема 2. Полупроводниковые диоды.</b> Выпрямительные диоды. Особенности вольт-амперных характеристик выпрямительных диодов. Стабилитроны. Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Двухполупериодная схема выпрямления со средней точкой. Однофазная мостовая схема.	Разработать и провести опыт по теме: «Полупроводниковые диоды» в виде фрагмента урока	4
<b>Тема 3. Полевые транзисторы.</b> Полевой транзистор с управляющим $p-n$ -переходом. Схемы включения полевых транзисторов. Статические характеристики полевых транзисторов. Основные параметры полевых транзисторов. Полевые транзисторы с изолированным затвором.	Разработать фрагмент урока по теме «Полевые транзисторы»	4
<b>Тема 4. Биполярные транзисторы.</b> Структура и основные режимы работы биполярного транзистора. Физические процессы в биполярном транзисторе. Схемы включения транзистора. Статические характеристики биполярного транзистора.	Разработать и провести опыт по теме «Биполярные транзисторы»	4
<b>Тема 5. Электронные усилители.</b> Классификация усилителей и их основные характеристики. Апериодический усилитель. Обратная связь и ее влияние на	Собрать установку и провести опыт по теме: «Электронные усилители»	4

характеристики усилителя.		
<b>Тема 6. Логические элементы цифровых устройств.</b> Элементы алгебры логики. Таблица истинности. Общие сведения о логических элементах. Основные логические элементы.	Собрать установку и провести опыт по теме «Логические элементы цифровых устройств» в виде фрагмента урока	4
<b>Тема 7. Базовые логические элементы.</b> Интегральные микросхемы Транзисторный ключ. Базовый элемент ТТЛ. Базовый элемент на КМДП структурах. Классификация микросхем. Технологии изготовления микросхем. Назначение микросхем.	Разработать и провести опыт по теме: «Базовые логические элементы»	4
<b>Тема 8. Цифровые устройства последовательностного типа.</b> Классификация триггеров. Асинхронный RS-триггер. Тактируемый RS-триггер. D-триггеры. T-триггер. Регистры.	Разработать и провести опыт по теме: «Цифровые устройства последовательностного типа» в виде фрагмента урока	4

### Очно-заочная форма обучения

Наименование разделов (тем) дисциплины с кратким содержанием	Количество часов		
	Лекции	Лабораторные занятия	
		Общее кол-во	из них, в форме практической подготовки
<b>Тема 1 Физические основы работы полупроводниковых приборов.</b> Энергетические уровни и зоны. Собственная электропроводность полупроводников. Электропроводность полупроводников. Электронно-дырочный переход. Виды пробоев $p-n$ -	2	4	4

перехода. Ёмкость $p-n$ -перехода. Контакт «металл – полупроводник». Свойства омических переходов.			
<b>Тема 2. Полупроводниковые диоды.</b> Выпрямительные диоды. Особенности вольт-амперных характеристик выпрямительных диодов. Стабилитроны. Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Двухполупериодная схема выпрямления со средней точкой. Однофазная мостовая схема.	2	4	4
<b>Тема 3. Полевые транзисторы.</b> Полевой транзистор с управляющим $p-n$ -переходом. Схемы включения полевых транзисторов. Статические характеристики полевых транзисторов. Основные параметры полевых транзисторов. Полевые транзисторы с изолированным затвором.	1	4	4
<b>Тема 4. Биполярные транзисторы.</b> Структура и основные режимы работы биполярного транзистора. Физические процессы в биполярном транзисторе. Схемы включения транзистора. Статические характеристики биполярного транзистора.	1	2	2
<b>Тема 5. Электронные усилители.</b> Классификация усилителей и их основные характеристики. Апериодический усилитель. Обратная связь и ее влияние на характеристики усилителя.	1	2	2
<b>Тема 6. Логические элементы цифровых устройств.</b> Элементы алгебры логики. Таблица истинности. Общие сведения о логических элементах. Основные логические элементы.	1	2	2
<b>Тема 7. Базовые логические элементы.</b> Интегральные микросхемы Транзисторный ключ. Базовый элемент ТТЛ. Базовый элемент на КМДП структурах. Классификация микросхем.	1	2	2

Технологии изготовления микросхем. Назначение микросхем.			
<b>Тема 8. Цифровые устройства последовательностного типа.</b>  Классификация триггеров. Асинхронный RS-триггер. Тактируемый RS-триггер. D-триггеры. T-триггер. Регистры.	1	2	2
Итого	10	22	22

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Тема	Задание на практическую подготовку	количество часов
<b>Тема 1 Физические основы работы полупроводниковых приборов.</b>  Энергетические уровни и зоны. Собственная электропроводность полупроводников. Электропроводность полупроводников. Электронно-дырочный переход. Виды пробоев $p-n$ -перехода. Ёмкость $p-n$ -перехода. Контакт «металл – полупроводник». Свойства омических переходов.	Разработать и провести опыт по теме «Физические основы работы полупроводниковых приборов»	4
<b>Тема 2. Полупроводниковые диоды.</b>  Выпрямительные диоды. Особенности вольт-амперных характеристик выпрямительных диодов. Стабилитроны. Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Двухполупериодная схема выпрямления со средней точкой. Однофазная мостовая схема.	Разработать и провести опыт по теме: «Полупроводниковые диоды» в виде фрагмента урока	4
<b>Тема 3. Полевые транзисторы.</b>  Полевой транзистор с управляемым $p-n$ -переходом. Схемы включения полевых транзисторов. Статические характеристики полевых транзисторов. Основные параметры полевых транзисторов. Полевые транзисторы с изолированным затвором.	Разработать фрагмент урока по теме «Полевые транзисторы»	4

<b>Тема 4. Биполярные транзисторы.</b> Структура и основные режимы работы биполярного транзистора. Физические процессы в биполярном транзисторе. Схемы включения транзистора. Статические характеристики биполярного транзистора.	Разработать и провести опыт по теме «Биполярные транзисторы»	2
<b>Тема 5. Электронные усилители.</b> Классификация усилителей и их основные характеристики. Апериодический усилитель. Обратная связь и ее влияние на характеристики усилителя.	Собрать установку и провести опыт по теме: «Электронные усилители»	2
<b>Тема 6. Логические элементы цифровых устройств.</b> Элементы алгебры логики. Таблица истинности. Общие сведения о логических элементах. Основные логические элементы.	Собрать установку и провести опыт по теме «Логические элементы цифровых устройств» в виде фрагмента урока	2
<b>Тема 7. Базовые логические элементы.</b> Интегральные микросхемы Транзисторный ключ. Базовый элемент ТТЛ. Базовый элемент на КМДП структурах. Классификация микросхем. Технологии изготовления микросхем. Назначение микросхем.	Разработать и провести опыт по теме: «Базовые логические элементы»	2
<b>Тема 8. Цифровые устройства последовательностного типа.</b> Классификация триггеров. Асинхронный RS-триггер. Тактируемый RS-триггер. D-триггеры. T-триггер. Регистры.	Разработать и провести опыт по теме: «Цифровые устройства последовательностного типа» в виде фрагмента урока	2

#### 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Количество часов очной форм	Количество часов очно-заочный	Формы самостоятельной работы	Методические обеспечения	Формы отчетности

		ы	формы			
1.Полупроводниковые диоды.	Высокочастотные диоды. Импульсные диоды. Варикапы. Туннельные диоды. Диоды Шотки. Диоды Ганна.	6	10	Работа с литературой, сетью «Интернет», конспектирование	Основная литература. Дополнительная литература. Ресурсы информационно - телекоммуникационной сети «Интернет».	Конспект, опрос
2.Тиристоры.	Устройство и основные физические процессы. Характеристики. Графический анализ схем с тиристорами. Классификация и система обозначений.	6	10	Работа с литературой, сетью «Интернет», конспектирование	Основная литература. Дополнительная литература. Ресурсы информационно - телекоммуникационной сети «Интернет».	Конспект, опрос
3.Оптоэлектронные приборы.	Общая характеристика оптоэлектронных приборов. Излучающий диод (светодиод). Фоторезистор. Фотодиод. Разновидности индикаторов.	6	8	Работа с литературой, сетью «Интернет», конспектирование	Основная литература. Дополнительная литература. Ресурсы информационно - телекоммуникационной сети «Интернет».	Конспект, опрос

4.Полупроводниковые датчики.	Датчики температуры . Датчики деформации. Датчики магнитного поля.	6	8	Работа с литературой, сетью «Интернет», конспектирование	Основная литература. Дополнительная литература. Ресурсы информационно - телекоммуникационной сети «Интернет».	Конспект, опрос
5.Основные операционные элементы.	Регистры. Шифратор. Дешифратор. Мультиплексор. Демультиплексор. Двоичные счетчики. Полусумматор. Двоичный сумматор. Цифровой компаратор.	6	8	Работа с литературой, сетью «Интернет», конспектирование	Основная литература. Дополнительная литература. Ресурсы информационно - телекоммуникационной сети «Интернет».	Конспект, опрос
6.Интегральные микросхемы.	Пленочные ИМС. Гибридные ИМС. Полупроводниковые ИМС. Совмещенные ИМС.	6	8	Работа с литературой, сетью «Интернет», конспектирование	Основная литература. Дополнительная литература. Ресурсы информационно - телекоммуникационной сети «Интернет».	Конспект, опрос
7.Операционные усилители.	Передаточная характеристика. Влияние различных факторов на выходное напряжение	8	8	Работа с литературой, сетью «Интернет», конспектирование	Основная литература. Дополнительная литература. Ресурсы информационно - телекоммуника	Конспект, опрос

	операционного усилителя. Амплитудно-частотная, фазочастотная характеристики операционного усилителя и его эквивалентная схема				ционной сети «Интернет».	
8.Устройства аналого-цифрового преобразования сигналов.	Цифроаналоговые преобразователи. Аналого-цифровые преобразователи. Устройства выборки и хранения аналоговых сигналов.	8	8	Работа с литературой, сетью «Интернет», конспектирование	Основная литература. Дополнительная литература. Ресурсы информационно - телекоммуникационной сети «Интернет».	Конспект, опрос.
	Итого	52	68			

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ПК-1. Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.

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

<b>Оцениваемые компетенции</b>	<b>Уровень сформированности</b>	<b>Этап формирования</b>	<b>Описание показателей</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Шкала оценивания</b>
ПК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	<b>Знает:</b> на пороговом уровне знает структуру, состав и дидактические единицы предметной области. <b>Умеет:</b> на пороговом уровне умеет разработать и применить на практике структуру, состав и дидактические единицы предметной области.	домашнее задание, лабораторные работы	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания лабораторных работ
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	<b>Знает:</b> на продвинутом уровне знает структуру, состав и дидактические единицы предметной области. <b>Умеет:</b> на продвинутом уровне умеет разработать и применить на практике структуру, состав и дидактические единицы предметной области. <b>Владеет:</b> структурой, составом и дидактическими единицами предметной области.	домашнее задание, лабораторные работы, практическая подготовка	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания лабораторных работ, шкала оценивания практической подготовки

#### **Шкала и критерии оценивания домашних работ**

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент решил 71-90% от всех домашних работ	16-20
Оптимальный (хорошо)	Если студент решил 51-70% от всех домашних работ	11-15
Удовлетворительный	Если студент решил 31-50% от всех домашних работ	6-10
Неудовлетворительный	Если студент решил 0-30% от всех домашних работ	0-5

#### **Шкала и критерии оценивания опроса**

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент ответил на 71-90% от всех вопросов	16-20

Оптимальный (хорошо)	Если студент ответил на 51-70% от всех вопросов	11-15
Удовлетворительный	Если студент ответил на 31-50% от всех вопросов	6-10
Неудовлетворительный	Если студент ответил на 0-30% от всех вопросов	0-5

#### Шкала и критерии оценивания лабораторных работ

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент выполнил 71-90% от всех лабораторных работ	16-20
Оптимальный (хорошо)	Если студент выполнил 51-70% от всех лабораторных работ	11-15
Удовлетворительный	Если студент выполнил 31-50% от всех лабораторных работ	6-10
Неудовлетворительный	Если студент выполнил 0-30% от всех лабораторных работ	0-5

#### Шкала и критерии оценивания практической подготовки

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент выполнил 71-90% от всех заданий	16-20
Оптимальный (хорошо)	Если студент выполнил 51-70% от всех заданий	11-15
Удовлетворительный	Если студент выполнил 31-50% от всех заданий	6-10
Неудовлетворительный	Если студент выполнил 0-30% от всех заданий	0-5

**5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### Пример лабораторной работы по дисциплине «Физическая электроника»:

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «Изучение полупроводникового диода и стабилитрона»

**Цель работы:** изучение свойств полупроводникового диода и стабилитрона, исследование их вольт-амперных характеристик и определение основных параметров.

##### **Задание.**

1. Снять прямую вольт-амперную характеристику диода. Результаты измерений занести в таблицу 1. Рассчитать статическое сопротивление диода. Построить график зависимости  $I_{\text{пр}}$  от  $U_{\text{пр}}$ . По графику определить динамическое сопротивление диода. Результаты расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 1.

$U_{\text{пр}}, \text{В}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
$I_{\text{пр}}, \text{mA}$											
$R_{\text{ст}}, \text{Ом}$											
$R_{\text{дин}}, \text{Ом}$											

2. Снять обратную вольт-амперную характеристику диода. Результаты измерений занести в таблицу 2. Рассчитать статическое сопротивление диода. Построить график зависимости  $I_{\text{обр}}$  от  $U_{\text{обр}}$ . По графику определить динамическое сопротивление диода. Результаты расчетов занести в таблицу 2.

Таблица 2.

$U_{\text{обр}}$ , В	0	5	10	20	25	30	35	40	45	50
$I_{\text{обр}}$ , мА										
$R_{\text{ст}}$ , кОм										
$R_{\text{дин}}$ , кОм										

3. Снять прямую вольт-амперную характеристику стабилитрона. Результаты измерений занести в таблицу 3. Рассчитать статическое сопротивление стабилитрона. Построить график зависимости  $I_{\text{пр}}$  от  $U_{\text{пр}}$ . По графику определить динамическое сопротивление стабилитрона. Результаты расчетов занести в таблицу 3.

Таблица 3.

$U_{\text{пр}}$ , В	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
$I_{\text{пр}}$ , мА											
$R_{\text{ст}}$ , Ом											
$R_{\text{дин}}$ , Ом											

4. Снять обратную вольт-амперную характеристику стабилитрона. Результаты измерений занести в таблицу 4. Рассчитать статическое сопротивление стабилитрона. Построить график зависимости  $I_{\text{обр}}$  от  $U_{\text{обр}}$ . По графику определить динамическое сопротивление и напряжение стабилизации стабилитрона. Результаты расчетов занести в таблицу 4.

Таблица 4.

$U_{\text{обр}}$ , В	0	1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,2	5,4	5,6	5,8
$I_{\text{обр}}$ , мА													
$R_{\text{ст}}$ , Ом													
$R_{\text{дин}}$ , Ом													
$U_{\text{ст}}$ , В													

5. Сделать выводы.

**Приборы и оборудование:** панель для изучения полупроводникового выпрямительного диода малой мощности КД105Б и стабилитрона малой мощности КС156А, вольтметр универсальный В7-21А (используется в качестве амперметра), многопредельный вольтметр, источник питания ВИП-010.

#### **Указания по выполнению лабораторной работы.**

Работа выполняется с использованием стенда, схема которого изображена на рис 1.

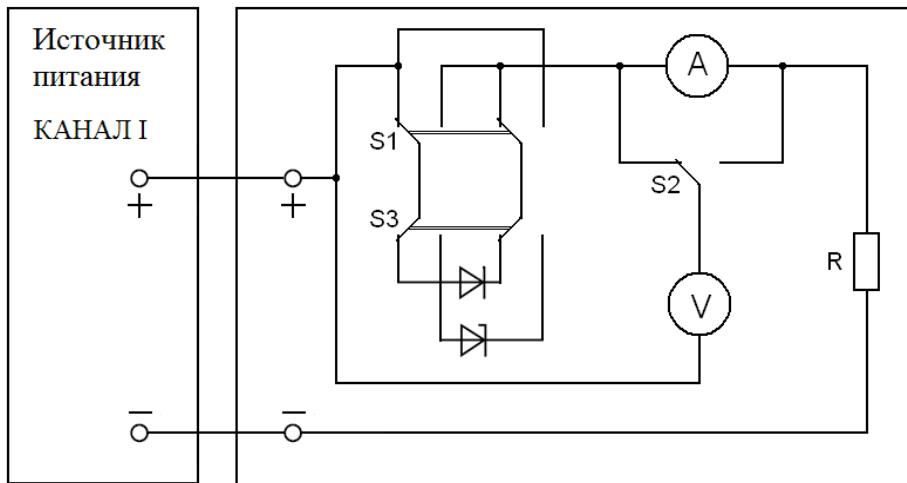


Рис. 1.

Напряжение на диод подается с источника питания. Сила тока  $I$  измеряется амперметром А, напряжение  $U$  - вольтметром В. Изменение полярности подключения диода к источнику питания осуществляется переключателем S1. Изменение порядка подключения измерительных приборов относительно диода при снятии прямой и обратной вольт-амперных характеристик производится переключателем S2. Изменение объекта исследования осуществляется переключателем S3.

Для снятия прямой вольт-амперной характеристики диода переключатели S1 и S2 перевести в положение «Прямое», а S3 в положение «Диод».

Перед измерениями ручку регулирования выходного напряжения источника питания «грубо» установить в положение «10». Ручки регулирования выходного напряжения «плавно» установить в крайнее левое положение. Включить источник питания. Затем, увеличивая напряжение ручкой «плавно», установить напряжения указанные в таблице 1. Прибором В7-21А измерить силу тока.

Для снятия обратной вольт-амперной характеристики диода переключатели S1 и S2 перевести в положение «Обратное», а S3 оставить в положении «Диод». Установить напряжения указанные в таблице 2, измерить силу тока.

Для изменения напряжения в пределах от 10 до 20 В необходимо ручку «плавно» вернуть в крайнее левое положение, а ручку «грубо» в положение «20».

Для снятия прямой вольт-амперной характеристики стабилитрона необходимо переключатель S3 перевести в положение «Стабилитрон», переключатели S1 и S2 перевести в положение «Прямое». Установить напряжения указанные в таблице 3, измерить силу тока.

Для снятия обратной вольт-амперной характеристики стабилитрона переключатели S1 и S2 перевести в положение «Обратное». Установить напряжения указанные в таблице 4, измерить силу тока.

**Пример домашнего задания по дисциплине  
«Физическая электроника»  
Расчетно-графическое задание №1**

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ Задания	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
	5	6	7	8	6	7	8	5	6	7
	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10
	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15
	16	17	16	17	16	17	16	17	16	17

- Объясните различие энергетических состояний в изолированном атоме и кристалле.
- Как изменится энергетическая диаграмма валентных электронов, если количество образующих кристалл атомов увеличить в 2 раза?
- Объясните с точки зрения зонной теории различие в электрических свойствах полупроводников и металлов.
- Объясните с точки зрения зонной теории различие в электрических свойствах диэлектриков и полупроводников.
- Что такое генерации и рекомбинация носителей зарядов?
- Что такое диффузия и дрейф носителей заряда?
- Объясните механизм дырочной проводимости чистых полупроводников.
- Объясните механизм электронной проводимости чистых полупроводников.
- Объясните с точки зрения зонной теории электрические свойства полупроводников.
- В чистый кремний введена примесь бора. Определите и объясните тип проводимости примесного кремния.
- Объясните, какой проводимостью будет обладать германий, если в него ввести небольшую примесь алюминия.
- Объясните, какой проводимостью будет обладать германий, если в него ввести небольшую примесь фосфора.
- Нарисуйте и объясните на зонной схеме положение уровня Ферми для полупроводника  $n$ -типа при 1)  $T=0$  К, 2)  $T>0$  К.
- Нарисуйте и объясните на зонной схеме положение уровня Ферми для полупроводника  $p$ -типа при 1)  $T=0$  К, 2)  $T>0$  К.

#### **Задания для практической подготовки**

- Разработать и провести опыт по теме «Физические основы работы полупроводниковых приборов»
- Разработать и провести опыт по теме: «Полупроводниковые диоды» в виде фрагмента урока
- Разработать фрагмент урока по теме «Полевые транзисторы»
- Разработать и провести опыт по теме «Биполярные транзисторы»
- Собрать установку и провести опыт по теме: «Электронные усилители»
- Собрать установку и провести опыт по теме «Логические элементы цифровых устройств» в виде фрагмента урока
- Разработать и провести опыт по теме: «Базовые логические элементы»
- Разработать и провести опыт по теме: «Цифровые устройства последовательностного типа» в виде фрагмента урока

#### **Примерные вопросы к зачету**

- Элементы зонной теории твердого тела. Энергия электрона. Энергетические зоны.

2. Полупроводники. Свойства полупроводников. Структура полупроводников.
3. Собственная электропроводность полупроводников. Генерация и рекомбинация пар носителей зарядов.
4. Статистика электронов и дырок.
5. Примесная электропроводность полупроводников.
6. Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном (донорном) полупроводнике.
7. Процессы переноса зарядов в полупроводниках. Диффузия и дрейф носителей заряда. Подвижность носителей заряда.
8. Электронно-дырочный переход. Вольт-амперная характеристика  $p-n$ -перехода. Пробой  $p-n$ -перехода. Ёмкость  $p-n$ -перехода.
9. Контакт «металл – полупроводник». Свойства омических переходов.
10. Выпрямительные диоды. Особенности вольт-амперных характеристик выпрямительных диодов.
11. Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Двухполупериодная схема выпрямления со средней точкой. Однофазная мостовая схема.
12. Стабилитроны. Основные параметры стабилитронов. Параметрический стабилизатор напряжения.
13. Полевой транзистор с управляющим  $p-n$ -переходом. Схемы включения полевых транзисторов.
14. Статические характеристики полевых транзисторов. Основные параметры полевых транзисторов.
15. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом.
16. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом.
17. Биполярные транзисторы. Структура и основные режимы работы.
18. Физические процессы в биполярном транзисторе. Схемы включения транзистора.
19. Статические характеристики биполярного транзистора.
20. Классификация усилителей и их основные характеристики. Апериодический усилитель.
21. Аналоговый, квантованный, дискретизированный и цифровой сигналы.
22. Логический элемент И. Таблица истинности, временная диаграмма работы, математическая запись работы, условное обозначение.
23. Логический элемент НЕ. Таблица истинности, временная диаграмма работы, математическая запись работы, условное обозначение.
24. Логический элемент ИЛИ. Таблица истинности, временная диаграмма работы, математическая запись работы, условное обозначение.
25. Логический элемент И-НЕ. Таблица истинности, временная диаграмма работы, математическая запись работы, условное обозначение.
26. Логический элемент ИЛИ-НЕ. Таблица истинности, временная диаграмма работы, математическая запись работы, условное обозначение.
27. Логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ. Таблица истинности, временная диаграмма работы, математическая запись работы, условное обозначение.
28. Механический ключ. Ключ на биполярных транзисторах. Ключи на МДП-транзисторах.
29. Базовый элемент ТТЛ. Структура и принцип действия.
30. Базовый элемент на КМДП структурах. Структура и принцип действия.
31. Триггеры. Асинхронный RS-триггер с инверсными входами. Назначение, структура, режимы работы, временная диаграмма работы, условное обозначение.

32. Триггеры. Асинхронный RS-триггер с прямыми входами. Назначение, структура, режимы работы, временная диаграмма работы, условное обозначение.
33. Триггеры. Синхронный RS-триггер. Назначение, структура, режимы работы, временная диаграмма работы, условное обозначение.
34. Триггеры. Статический синхронный D-триггер. Назначение, структура, режимы работы, временная диаграмма работы, условное обозначение.
35. Триггеры. Динамический синхронный D-триггер. Назначение, режимы работы, временная диаграмма работы, условное обозначение.
36. Триггеры. T-триггер. Назначение, структура, временная диаграмма работы, условное обозначение.
37. Триггеры. JK-триггер. Структура, режимы работы, условное обозначение.
38. Регистры. Последовательный регистр. Назначение, структура, принцип действия, условное обозначение.
39. Регистры. Параллельный регистр. Назначение, структура, принцип действия, условное обозначение.

**5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Сопоставимость рейтинговых показателей студента по разным дисциплинам и балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов обеспечивается принятием единого механизма оценки знаний студентов, выраженного в баллах, согласно которому 100 баллов — это полное усвоение знаний по учебной дисциплине, соответствующее требованиям учебной программы.

Максимальный результат, который может быть достигнут студентом по каждому из Блоков рейтинговой оценки – 100 баллов.

Ответ обучающегося на зачёте оценивается в баллах с учетом шкалы соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам.

В зачетно-экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по пятибалльной шкале и рейтинговые оценки в баллах.

При получении студентом на экзамене или зачёте неудовлетворительной оценки в ведомость выставляется рейтинговая оценка в баллах (<40 баллов), соответствующая фактическим знаниям (ответу) студента.

Критерии оценки знаний студентов в рамках каждой учебной дисциплины или групп дисциплин вырабатываются преподавателями согласованно на кафедрах Университета исходя из требований образовательных стандартов.

**Шкала оценивания зачета**

Баллы	Критерии оценивания
15-20	Обучающийся полно излагает материал, дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные.
8-14	Систематическое посещение занятий, участие в практических занятиях, единичные пропуски по уважительной причине и их отработка, изложение материала носит преимущественно описательный характер, студент показал достаточно уверенное владение материалом, однако недостаточное умение четко, аргументировано и

	корректно отвечать на поставленные вопросы и отстаивать собственную точку зрения.
4-7	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:  - излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;  - не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры.
0-3	Обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

#### **Итоговая шкала выставления оценки по дисциплине.**

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа обучающегося в течение всего срока освоения дисциплины, а также баллы на промежуточной аттестации.

Баллы, полученные студентами в течение освоения дисциплины	Оценка по дисциплине
81 – 100	Зачет
61 – 80	Зачет
41 – 60	Зачет
0 – 40	Не зачет

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Основная литература**

1. Агеев, И. М. Физические основы электроники и наноэлектроники : учебное пособие. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131007>
2. Микушин, А. В. Физические основы электроники. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 148 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311846>
3. Смирнов, Ю. А. Физические основы электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 560 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211208>

### **6.2. Дополнительная литература**

1. Берикашвили, В. Ш. Электроника и микроэлектроника: импульсная и цифровая электроника : учебное пособие для вузов . — 2-е изд. — Москва : Юрайт, 2023. — 242 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/515270>
2. Владимиров, Г. Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 368 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211397>
3. Григорьев, А. Д. Микроволновая электроника : учебник для вузов / А. Д. Григорьев, В. А. Иванов, С. И. Молоковский. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 496 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/185934>

4. Доломатов, М. Ю. Физико-химия наночастиц : учебное пособие для вузов / М. Ю. Доломатов, Р. З. Бахтизин, М. М. Доломатова. — 2-е изд. — Москва : Юрайт, 2023. — 285 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/518726>
5. Доломатов, М. Ю. Физические основы наноэлектроники : учебное пособие для вузов / М. Ю. Доломатов, Р. З. Бахтизин, Т. И. Шарипов. — Москва : Юрайт, 2023. — 173 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/520300>
6. Миленина, С. А. Электроника и схемотехника : учебник и практикум для вузов. — 2-е изд. — Москва : Юрайт, 2023. — 270 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/514159>
7. Миловзоров, О. В. Электроника : учебник для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. — 6-е изд. — Москва : Юрайт, 2023. — 344 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/510731>
8. Физическая электроника: лабораторный практикум / Емельянов В.А., сост. - М. : МГОУ, 2016. - 66с. – Текст: непосредственный

### **6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://www.znanie.org/> - Общество «Знание» России
2. <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека.
3. <http://www.rsl.ru> - Российская национальная библиотека.
4. <http://www.gpntb.ru> - Публичная электронная библиотека.
5. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.
6. [http://www.informika.ru/about/informatization\\_pub/about/276](http://www.informika.ru/about/informatization_pub/about/276) - научно-методический журнал «Информатизация образования и науки».
7. <http://www.vovr.ru> - научно-педагогический журнал Министерства образования и науки РФ «Высшее образование в России».
8. <https://urait.ru/> - Образовательной платформы Юрайт.
9. <https://rusneb.ru/> - Национальная электронная библиотека

## **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.

## **8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Лицензионное программное обеспечение:**

Microsoft Windows

Microsoft Office

Kaspersky Endpoint Security

**Информационные справочные системы:**

Система ГАРАНТ

Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных

[fgosvo.ru](http://fgosvo.ru) – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования

[pravo.gov.ru](http://pravo.gov.ru) - Официальный интернет-портал правовой информации

[www.edu.ru](http://www.edu.ru) – Федеральный портал Российской образования

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства  
OMC Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)  
7-zip  
Google Chrome

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.