

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОПОП

С. А. Тишкова

«04» апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой физики

С. А. Тишкова

«04» апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Физические основы микроэлектроники»

Составитель(и)	Тишкова С.А., доцент, к.п.н., заведующая кафедрой физики; Алиев П.Н., ассистент кафедры физики 03.03.02 ФИЗИКА
Направление подготовки / специальность	ИНЖЕНЕРНАЯ ФИЗИКА
Направленность (профиль) ОПОП	ИНЖЕНЕРНАЯ ФИЗИКА
Квалификация (степень)	бакалавр
Форма обучения	очная
Год приёма	2023
Курс	4
Семестр(ы)	8

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины (модуля) «Физические основы микроэлектроники» являются изучение естественнонаучных проблем в области физических основ электроники; физики твердого тела; функционирования компонентов электронных средств и формирование способности применять физико-математический аппарат для решения этих проблем.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля): получение необходимых знаний по физическим и теоретическим основам полупроводниковой электроники; получение необходимых знаний по методам расчета основных параметров и характеристик полупроводников и полупроводниковых приборов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина (модуль) «Физические основы микроэлектроники» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и осваивается в 8 семестре(ах).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами (модулями):

- *Электричество и магнетизм;*
- *Электрические и магнитные измерения;*
- *Электротехника и электроника.*

Знания: основные законы электрических цепей (закон Ома, правила Кирхгофа), иметь представление о природе электрического тока в проводниках.

Умения: рассчитывать токи и напряжения в простых резистивных цепях постоянного тока.

Навыки: чтения базовых электрических схем.

2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):

- *Преддипломная практика;*
- *Выпускная квалификационная работа бакалавра.*

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей(их) компетенции(ий) в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки / специальности:

профессиональные, ПК-5 Способность применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.

Таблица 1. Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-5 Способность применять профессиональные знания и умения,	ИПК-5.1.1 — знать фундаментальные понятия, законы и теории, полученные	ИПК-5.2.1 — уметь применять на практике профессиональные	ИПК-5.3.2 — владеть фундаментальными понятиями и законами,

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
полученные при освоении профильных физических дисциплин	при освоении профильных физических дисциплин	знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	полученными при освоении профильных физических дисциплин

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Объём дисциплины (модуля) составляет 3 зачётных(ые) единиц(ы), в том числе 44 часов(а), выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 22 часов(а) – лекции, 22 часов(а) – практические, семинарские занятия), и 64 часов(а) – на самостоятельную работу обучающихся.

Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
<i>Тема 1. Параметры электрической цепи</i>	8	4	4			10	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
<i>Тема 2. Элементы с активным сопротивлением</i>		2	2			6	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
<i>Тема 3. Электрические конденсаторы</i>		2	2			6	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
<i>Тема 4. Катушки индуктивности</i>		2	2			6	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
<i>Тема 5. Полупроводниковые диоды</i>		2	2			6	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
<i>Тема 6. Разновидности полупроводниковых диодов</i>		2	2			6	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
<i>Тема 7. Транзисторы</i>		2	2			6	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
<i>Тема 8. Тиристоры</i>		2	2			6	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
<i>Тема 9. Приборы с зарядовой связью</i>		2	2			6	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
<i>Тема 10. Микросхемы</i>		2	2			6	<i>Устный опрос, проверка домашнего задания</i>
Итого		22	22			64	Зачёт

Примечание: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

Таблица 3. Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-5	
<i>Тема 1. Параметры электрической цепи</i>	18	+	1
<i>Тема 2. Элементы с активным сопротивлением</i>	10	+	1
<i>Тема 3. Электрические конденсаторы</i>	10	+	1
<i>Тема 4. Катушки индуктивности</i>	10	+	1
<i>Тема 5. Полупроводниковые диоды</i>	10	+	1
<i>Тема 6. Разновидности полупроводниковых диодов</i>	10	+	1
<i>Тема 7. Транзисторы</i>	10	+	1
<i>Тема 8. Тиристоры</i>	10	+	1
<i>Тема 9. Приборы с зарядовой связью</i>	10	+	1
<i>Тема 10. Микросхемы</i>	10	+	1
Итого	108		

Краткое содержание каждой темы дисциплины (модуля)

Тема 1. Параметры электрической цепи

Вводная тема, устанавливающая связь между микроскопическими процессами и макроскопическими параметрами. Рассматривается строгое определение силы тока как скорости протекания заряда, физический смысл напряжения как циркуляции вектора напряженности электрического поля, а также дифференциальная форма закона Ома, связывающая плотность тока с напряженностью поля через удельную проводимость.

Тема 2. Элементы с активным сопротивлением

Изучение элементов, использующих омическое сопротивление материалов. Рассматриваются принцип работы потенциометра как регулируемого делителя напряжения. Особое внимание уделяется полупроводниковым резисторам: терморезистору (использование сильной температурной зависимости концентрации носителей) и фоторезистору (явление внутреннего фотоэффекта, изменение проводимости под действием электромагнитного излучения).

Тема 3. Электрические конденсаторы

Анализ элементов, накапливающих энергию электрического поля. Вводится понятие реактивного (емкостного) сопротивления как следствие сдвига фаз между током и напряжением. Вывод формул емкости для простейших конфигураций: плоский и цилиндрический конденсатор (лейденская банка как исторический и конструктивный пример).

Тема 4. Катушки индуктивности

Изучение элементов, накапливающих энергию магнитного поля. Рассматриваются явления электромагнитной индукции и самоиндукции, индуктивное сопротивление. Особое внимание уделяется принципу работы трансформатора на основе явления взаимной индукции, его физическим основам (связь магнитных потоков) и коэффициенту трансформации.

Тема 5. Полупроводниковые диоды

Физические основы работы диода на базе $p-n$ -перехода. Рассматривается зонная диаграмма перехода, механизмы диффузии и дрейфа, образование потенциального барьера. Анализируется вольтамперная характеристика (ВАХ) диода (уравнение Шокли), а также схема диодного моста (двухполупериодного выпрямителя) как практическое применение свойств односторонней проводимости.

Тема 6. Разновидности полупроводниковых диодов

Изучение специализированных типов диодов, основанных на модификации $p-n$ -перехода. Варикап — диод, работающий на явлении барьерной емкости перехода, зависящей от обратного напряжения. Стабилитрон — диод, использующий пробой (лавинный или туннельный) для стабилизации напряжения. Светодиод — прибор, основанный на явлении инжекционной электролюминесценции при рекомбинации носителей в прямосмещенном переходе.

Тема 7. Транзисторы

Активные полупроводниковые приборы для усиления и коммутации сигналов. Биполярный транзистор — физика работы на основе инжекции и рекомбинации неосновных носителей, коэффициенты передачи тока. Полевой транзистор — принцип управления проводимостью канала поперечным электрическим полем (затвором). Рассматриваются базовые схемы включения и принцип работы простейшего усилительного каскада на транзисторе.

Тема 8. Тиристоры

Полупроводниковые приборы с $p-n-p-n$ -структурой, обладающие S-образной ВАХ (двумя устойчивыми состояниями). Рассматриваются физические механизмы включения (лавинное переключение). Анализируются разновидности: собственно тиристор (управляемый по управляющему электроду), симистор (симметричный тиристор для переменного тока) и динистор (неуправляемый тиристор, срабатывающий при достижении напряжения пробоя).

Тема 9. Приборы с зарядовой связью

Принципы работы приборов, основанных на хранении и переносе зарядовых пакетов в потенциальных ямах. Рассматриваются характеристики ПЗС (эффективность переноса, тактовая частота, фоточувствительность). Изучается архитектура ПЗС-линейки (одномерный массив для сканеров) и ПЗС-матрицы (двумерный массив с кадровой и строчной разверткой) как основы твердотельных формирователей изображения.

Тема 10. Микросхемы

Основы аналоговой и импульсной интегральной схемотехники. Операционные усилители — дифференциальный усилитель постоянного тока с высоким коэффициентом усиления, его идеализированные характеристики и типовые схемы включения (инвертирующий,

неинвертирующий). Интегральные стабилизаторы напряжения (компенсационные и параметрические). Таймер 555 — универсальная интегральная схема для генерации одиночных и периодических импульсов (мультивибраторы, одновибраторы).

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Занятия по дисциплине рекомендуется строить как чередование лекций и практических занятий, причём на практиках следует акцентировать физический смысл уравнений, а не формальные преобразования. Лекционный материал необходимо сопровождать демонстрацией принципиальных схем, векторных диаграмм и графиков вольт-амперных характеристик с использованием мультимедийных средств. При разборе подтем (например, ток смещения или дрейфовая скорость) целесообразно давать исторический контекст и связь с более общими разделами физики.

Для активного вовлечения студентов полезно применять метод «перевернутого класса», выдавая на дом ознакомительные материалы по следующей теме и начиная занятие с короткого устного опроса по ключевым понятиям. На практических занятиях рекомендуется решать задачи, требующие оценки параметров реальных электронных компонентов.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Студентам необходимо заранее ознакомиться с лекционным материалом по каждой теме, используя конспекты и рекомендованную литературу, чтобы активно участвовать в обсуждении на занятиях. При подготовке к практическим занятиям следует самостоятельно прорешать типовые задачи и при необходимости обращаться за консультацией к преподавателю. Важно вести отдельный конспект, в котором фиксировать не только выводы формул, но и физические принципы работы элементов микроэлектроники. Для успешного усвоения материала рекомендуется регулярно использовать метод самопроверки по предложенным вопросам для устного опроса. При изучении тем, связанных с полупроводниковыми приборами, полезно строить и анализировать вольт-амперные характеристики, обращая внимание на рабочие точки и области применения. В конце изучения каждой темы следует обобщать ключевые понятия в виде кратких интеллект-карт, выделяя связи между физическими явлениями и параметрами элементов.

Таблица 4. Содержание самостоятельной работы обучающихся

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
<i>Тема 1. Параметры электрической цепи</i>	10	Подготовка к устному опросу, выполнение домашнего задания
<i>Тема 2. Элементы с активным сопротивлением</i>	6	Подготовка к устному опросу, выполнение домашнего задания
<i>Тема 3. Электрические конденсаторы</i>	6	Подготовка к устному опросу, выполнение домашнего задания
<i>Тема 4. Катушки индуктивности</i>	6	Подготовка к устному опросу, выполнение домашнего задания
<i>Тема 5. Полупроводниковые диоды</i>	6	Подготовка к устному опросу, выполнение домашнего задания
<i>Тема 6. Разновидности полупроводниковых диодов</i>	6	Подготовка к устному опросу, выполнение домашнего задания
<i>Тема 7. Транзисторы</i>	6	Подготовка к устному опросу,

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
		выполнение домашнего задания
<i>Тема 8. Тиристоры</i>	6	Подготовка к устному опросу, выполнение домашнего задания
<i>Тема 9. Приборы с зарядовой связью</i>	6	Подготовка к устному опросу, выполнение домашнего задания
<i>Тема 10. Микросхемы</i>	6	Подготовка к устному опросу, выполнение домашнего задания

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно

По данной дисциплине не предусмотрено выполнение студентами самостоятельных письменных работ.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6.1. Образовательные технологии

Таблица 5. Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
<i>Тема 1. Параметры электрической цепи</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 2. Элементы с активным сопротивлением</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 3. Электрические конденсаторы</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 4. Катушки индуктивности</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 5. Полупроводниковые диоды</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 6. Разновидности полупроводниковых диодов</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 7. Транзисторы</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 8. Тиристоры</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 9. Приборы с зарядовой связью</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 10. Микросхемы</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>

6.2. Информационные технологии

При реализации дисциплины используются следующие информационные технологии:

- сайты с симуляцией электрических цепей, собранных обучающимися самостоятельно из имеющихся в базе данных сайта электронных компонентов (напр. Falstad — <https://falstad.com/circuit/circuitjs.html>);
- электронные учебники и различные сайты (например, электронные библиотеки, журналы и т. д.) как источники информации;
- электронная почта преподавателя;
- средства представления учебной информации (электронные учебные пособия и практикумы, демонстрационные презентации);
- интегрированные образовательные среды, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т. е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс);
- виртуальная обучающая среда (LMS Moodle «Электронное образование») и иные информационные системы, сервисы и мессенджеры.

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 10 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
Notepad++	Текстовый редактор
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор
Scilab	Пакет прикладных математических программ
Microsoft Security Assessment Tool. Режим доступа: http://www.microsoft.com/ru-ru/download/details.aspx?id=12273 (Free) Windows Security Risk Management Guide Tools and Templates. Режим доступа: http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=6232 (Free)	Программы для информационной безопасности

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

<i>Наименование современных профессиональных баз данных, информационных справочных систем</i>
<p>Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС» http://dlib.eastview.com <i>Имя пользователя: AstrGU</i> <i>Пароль: AstrGU</i></p>
<p>Электронные версии периодических изданий, размещённые на сайте информационных ресурсов www.polpred.com</p>
<p>Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем» https://library.asu-edu.ru/catalog/</p>
<p>Электронный каталог «Научные журналы АГУ» https://asu-edu.ru/issledovaniya-i-innovacii/11745-nauchnye-jurnaly-agu.html</p>
<p>Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) – сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. Участники проекта предоставляют друг другу электронные копии отсканированных статей из книг, сборников, журналов, содержащихся в фондах их библиотек. http://mars.arbicon.ru</p>
<p>Справочная правовая система КонсультантПлюс. Содержит огромный массив справочной правовой информации, российское и региональное законодательство, судебную практику, финансовые и кадровые консультации, консультации для бюджетных организаций, комментарии законодательства, формы документов, проекты нормативных правовых актов, международные правовые акты, правовые акты, технические нормы и правила. http://www.consultant.ru</p>

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Физические основы микроэлектроники» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6. Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств

Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
<i>Тема 1. Параметры электрической цепи</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания
<i>Тема 2. Элементы с активным сопротивлением</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания
<i>Тема 3. Электрические конденсаторы</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания

Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
<i>Тема 4. Катушки индуктивности</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания
<i>Тема 5. Полупроводниковые диоды</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания
<i>Тема 6. Разновидности полупроводниковых диодов</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания
<i>Тема 7. Транзисторы</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания
<i>Тема 8. Тиристоры</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания
<i>Тема 9. Приборы с зарядовой связью</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания
<i>Тема 10. Микросхемы</i>	ПК-5	Устный опрос, проверка домашнего задания

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 7. Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

Таблица 8. Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя

Шкала оценивания	Критерии оценивания
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Тема 1. Параметры электрической цепи

1. Вопросы для устного опроса

1. В чем заключается разница между мгновенным значением силы тока $I=dq/dt$ и средним значением?
2. Как, исходя из определения $U = \int \mathbf{E}d\mathbf{l}$, доказать потенциальность электростатического поля (независимость от пути интегрирования)?
3. Запишите дифференциальный закон Ома. Как он связывает микроскопические параметры (время релаксации, эффективную массу) с удельной проводимостью σ ?
4. Почему для выполнения закона Ома необходимо соблюдение линейной зависимости между скоростью дрейфа носителей и напряженностью поля?
5. Как изменится напряжение на участке цепи, если при перемещении заряда работа кулоновских сил равна работе сторонних сил?

2. Пример домашнего задания

№1. В цепи коллектора биполярного транзистора заряд, переносимый носителями, изменяется по закону $q(t) = Q_0(1 - e^{-t/\tau})$, где $Q_0 = 5,0$ нКл, $\tau = 0,8$ мкс. Найдите силу тока в момент времени $t = 2\tau$.

№2. В p - n -переходе на основе арсенида галлия поле в области пространственного заряда задано как $E(x) = E_{\max}(1 - x/d)$ с $E_{\max} = 3,5 \cdot 10^5$ В/м, $d = 0,4$ мкм. Найдите напряжение на переходе.

№3. Резистор из легированного кремния имеет длину $L = 50$ мкм, сечение $S = 5$ мкм², проводимость $\sigma = 20$ См/м. Ток через резистор $I = 0,5$ мА. Найдите напряжённость поля.

Тема 2. Элементы с активным сопротивлением

1. Вопросы для устного опроса

1. Нарисуйте схему потенциометра. В каком режиме (холостого хода или под нагрузкой) зависимость выходного напряжения от угла поворота является линейной и почему?
2. Объясните физический механизм увеличения сопротивления металлического терморезистора и уменьшения сопротивления полупроводникового терморезистора при нагреве.
3. Как ширина запрещенной зоны полупроводника влияет на чувствительность фоторезистора (спектральную характеристику)?
4. Почему вольтамперная характеристика фоторезистора (при постоянной освещенности) имеет слабую нелинейность?
5. Каков физический предел быстродействия (инерционности) фоторезистора?

2. Пример домашнего задания

№1. Потенциометр с $R = 5$ кОм подключён к источнику $U_0 = 9$ В. Движок установлен на 40% от начала. Нагрузка $R_n = 2$ кОм подключена между движком и концом. Найти напряжение на нагрузке.

№2. NTC-термистор при 20°C имеет сопротивление 5 кОм, параметр уравнения Стейнхарта-Харта для этого термистора $B = 4000$ К. Найти его сопротивление при 60°C .

№3. Фоторезистор на основе CdS имеет темновое сопротивление $R_T = 5$ МОм. При освещении его проводимость увеличивается пропорционально интенсивности света: $\sigma = \sigma_T + k\Phi$, где $k = 0,5$ См/(м·Вт), Φ – интенсивность падающего света. Геометрические параметры: длина $L = 1$ мм, ширина $w = 0,5$ мм, толщина $h = 0,2$ мм. Найти интенсивность падающего на фоторезистор света, если его сопротивление при это равно 100 Ом.

Тема 3. Электрические конденсаторы

1. Вопросы для устного опроса

1. Выведите формулу для емкости плоского конденсатора, используя теорему Гаусса.
2. Как зависит реактивное (емкостное) сопротивление от частоты? Почему при постоянном токе ($\omega = 0$) конденсатор представляет собой разрыв цепи?
3. Почему при расчете емкости цилиндрического конденсатора (коаксиального кабеля) используется интеграл $\int dr/r$?
4. Что произойдет с емкостью плоского конденсатора, если между обкладками поместить проводящую пластину?
5. Объясните физический смысл тока смещения в цепи переменного тока с конденсатором.

2. Пример домашнего задания

№1. Конденсатор неизвестной ёмкости и резистор $R = 100$ Ом соединены последовательно и подключены к источнику переменного напряжения $U(t) = U_0 \cos(\omega t)$ с $U_0 = 10$ В, $\omega = 1000$ рад/с. Амплитуда тока в данной цепи равна $70,7$ мА. Найти ёмкость конденсатора.

№2. Плоский конденсатор ёмкостью $4,7$ нФ имеет обкладки квадратной формы с длиной стороны $42,1$ мм, расстояние между ними $d = 1$ мм. Найти диэлектрическую проницаемость керамики, которой заполнено пространство между обкладками.

№3. Школьник смастерил миниатюрную лейденскую банку, обмотав внешнюю и внутреннюю поверхности боковой части пластмассового ведёрка с внутренним радиусом 10 см, толщиной стенок 2 мм и высотой 15 см. Диэлектрическая проницаемость пластмассы равна $2,5$. Найти ёмкость такого конденсатора.

Тема 4. Катушки индуктивности

1. Вопросы для устного опроса

1. Выведите формулу для ЭДС самоиндукции, исходя из закона электромагнитной индукции Фарадея.
2. Почему индуктивное сопротивление называют реактивным и как оно связано со сдвигом фаз между током и напряжением?
3. Объясните принцип работы повышающего трансформатора с точки зрения закона сохранения энергии (при условии идеальности).
4. Что такое индуктивность рассеяния в реальном трансформаторе и как она влияет на его характеристики?
5. Почему при размыкании цепи с катушкой индуктивности возникает искрение (пробой) в ключе?

2. Пример домашнего задания

№1. Катушка индуктивности $L = 10$ мГн и резистор $R = 20$ Ом соединены последовательно и подключены к источнику переменного напряжения $U(t) = U_0 \cos(\omega t)$ с $U_0 = 50$ В. Амплитуда тока составила 2,457 А. Найти частоту тока ν .

№2. Катушка индуктивности $L = 5$ мГн подключена к источнику постоянного напряжения $U = 10$ В через ключ. После замыкания ключа ток в катушке нарастает по закону $I(t) = U/R (1 - e^{-t/\tau})$, где $\tau = L/R$, R – сопротивление цепи (включая сопротивление катушки). При $R = 10$ Ом найти ЭДС самоиндукции в момент времени $t = \tau$.

№3. Идеальный трансформатор имеет первичную обмотку с $N_1 = 1000$ витков, вторичную с $N_2 = 200$ витков. К первичной обмотке подведено действующее напряжение $U_1 = 220$ В. К вторичной подключена нагрузка $R_n = 10$ Ом. Найти действующее значение тока во вторичной обмотке, пренебрегая потерями.

Тема 5. Полупроводниковые диоды

1. Вопросы для устного опроса

1. Изобразите зонную диаграмму p - n -перехода в состоянии термодинамического равновесия. Что такое контактная разность потенциалов?
2. Запишите уравнение Шокли (идеальная ВАХ диода). Как температурная зависимость обратного тока насыщения I_0 влияет на работу диода?
3. Объясните механизм диффузионного движения неосновных носителей через p - n -переход при прямом смещении.
4. Почему в p - n -переходе наблюдается барьерная (зарядная) емкость?
5. Как работает диодный мост? Почему в этой схеме не нужен трансформатор со средней точкой?

2. Пример домашнего задания

№1. В кремниевом p - n -переходе концентрация акцепторов в p -области $N_A = 10^{18}$ см⁻³, доноров в n -области $N_D = 10^{16}$ см⁻³. Температура $T = 300$ К. Найти контактную разность потенциалов. Собственная концентрация носителей заряда в кремнии $n_i = 1,5 \cdot 10^{10}$ см⁻³.

№2. Кремниевый диод имеет ВАХ, описываемую уравнением $I = I_0 (e^{U/(nU_T)} - 1)$, где $I_0 = 1$ нА, $n = 1$, $U_T = 25$ мВ. Найти дифференциальное сопротивление диода при прямом напряжении $U = 0,55$ В.

№3. Диодный мост подключён к источнику переменного напряжения с действующим значением $U_{\text{вх}} = 12$ В. Нагрузка $R_n = 100$ Ом. Считая диоды идеальными, найти среднее значение выпрямленного напряжения путём интегрирования и среднее значение выпрямленного тока.

Тема 6. Разновидности полупроводниковых диодов

1. Вопросы для устного опроса

1. Объясните зависимость барьерной емкости варикапа от обратного напряжения ($C \sim U^{-1/2}$ для резкого перехода).
2. В чем принципиальное отличие лавинного пробоя от туннельного (эффект Зенера) в стабилитроне? От чего зависит температурный коэффициент стабилитрона?
3. Каков физический механизм излучения света в светодиоде? От чего зависит длина волны излучения?
4. Почему стабилитрон нельзя использовать в качестве выпрямительного диода в цепи переменного тока высокого напряжения?
5. Нарисуйте ВАХ светодиода и объясните, почему для его питания предпочтительно использовать источник тока, а не напряжения.

2. Пример домашнего задания

№1. Варикап на основе p - n -перехода с резкой границей (показатель резкости $n = 0,5$) имеет ёмкость при нулевом смещении $C_0 = 50$ пФ, контактную разность потенциалов $\varphi_0 = 0,8$ В. Найти ёмкость варикапа при обратном напряжении $U = 4$ В.

№2. Кремниевый стабилитрон имеет напряжение стабилизации $U_{ст} = 5,6$ В при токе $I_{ст} = 10$ мА. Дифференциальное сопротивление стабилитрона на участке стабилизации $r_{диф} = 10$ Ом. Стабилитрон используется в параметрическом стабилизаторе с балластным резистором $R_б = 200$ Ом и входным напряжением $U_{вх} = 12$ В (номинальное). Найти коэффициент стабилизации по напряжению.

№3. Светодиод на основе нитрида индия-галлия имеет ширину запрещённой зоны $E_g = 2,65$ эВ. При прямом смещении происходит рекомбинация с излучением фотона. Найти длину волны излучения в нм и цвет света, даваемого светодиодом.

Тема 7. Транзисторы

1. Вопросы для устного опроса

1. Объясните физические процессы в биполярном транзисторе в активном режиме. Почему ток эмиттера практически равен току коллектора?
2. Каковы основные различия в физике работы полевого транзистора с управляющим p - n -переходом и МОП-транзистора (с индуцированным каналом)?
3. Нарисуйте схему усилительного каскада с общим эмиттером. Объясните, как происходит сдвиг фазы выходного сигнала на 180° .
4. Что такое эффект модуляции ширины базы (эффект Эрли) в биполярном транзисторе?
5. Почему входное сопротивление полевого транзистора значительно выше, чем у биполярного?

2. Пример домашнего задания

№1. В схеме с общим эмиттером для кремниевого n - p - n -транзистора заданы: напряжение питания $E_k = 15$ В, сопротивление коллектора $R_k = 1$ кОм, сопротивление базы $R_б = 200$ кОм, коэффициент передачи тока базы $\beta = 100$. Напряжение база-эмиттер в активном режиме $U_{БЭ} = 0,6$ В. Найти рабочую точку ($I_б, I_к, U_{кЭ}$) и определить, в каком режиме работает транзистор (отсечки, активный, насыщения).

№2. Для полевого транзистора с индуцированным каналом n -типа пороговое напряжение $U_{пор} = 2$ В, крутизна в крутой области $K = 0,5$ мА/В². Транзистор работает в режиме насыщения (пологая область) при $U_{зи} = 5$ В. Найти ток стока. Вычислить дифференциальное выходное сопротивление в рабочей точке, если коэффициент модуляции длины канала $\lambda = 0,02$ В⁻¹.

№3. В схеме усилителя на биполярном транзисторе с общим эмиттером напряжение база-эмиттер $U_{БЭ} = 0,6$ В, ток базы $I_б = 20$ мкА. Коэффициент передачи тока $\beta = 100$. Напряжение коллекторного питания $U_{пит} = 10$ В, сопротивление коллектора $R_к = 2$ кОм. Найти напряжение коллектор-эмиттер $U_{кЭ}$ в рабочей точке.

Тема 8. Тиристоры

1. Вопросы для устного опроса

1. Изобразите и объясните четырехслойную структуру (p - n - p - n) тиристора. Какую роль выполняют переходы J_1, J_2, J_3 ?
2. Объясните механизм включения тиристора (переключение из закрытого состояния в открытое) с помощью двухтранзисторной модели (эквивалент Шокли).
3. Чем симистор отличается от обычного тиристора с точки зрения работы в цепях переменного тока?

4. Почему для выключения тиристора (восстановления запирающих свойств) необходимо снизить ток анода ниже тока удержания?
5. Какой физический процесс (лавинное умножение) является пусковым для динистора при превышении напряжения переключения?

2. Пример домашнего задания

№1. Тиристор имеет ток включения $I_{\text{вкл}} = 15$ мА и ток удержания $I_{\text{уд}} = 5$ мА. В цепи анода последовательно с нагрузкой $R_{\text{н}} = 200$ Ом и источником постоянного напряжения $U = 100$ В включён тиристор. Найти минимальную длительность управляющего импульса тока, необходимого для включения тиристора, если после включения ток управления снимается, а ток через тиристор нарастает по экспоненте с постоянной времени $\tau = 10$ мкс от нуля до установившегося значения. Сможет ли тиристор оставаться во включённом состоянии после снятия управляющего сигнала, если установившийся ток в цепи равен $I_{\text{уст}} = U/R_{\text{н}}$?

№2. Симистор (симметричный тиристор) используется для регулирования мощности в цепи переменного тока. При подаче управляющего импульса в положительный полупериод напряжение на нагрузке $U_{\text{н}} = U_{\text{max}} \sin(\omega t)$ с $U_{\text{max}} = 300$ В. Угол включения $\alpha = 60^\circ$. Найти среднее значение напряжения на нагрузке за полупериод (для резистивной нагрузки).

№3. Динистор имеет напряжение включения $U_{\text{вкл}} = 40$ В и ток включения $I_{\text{вкл}} = 1$ мА. Напряжение удержания $U_{\text{уд}} = 5$ В, ток удержания $I_{\text{уд}} = 10$ мА. Динистор включён последовательно с резистором $R = 1$ кОм и источником постоянного напряжения U_0 . При каком минимальном напряжении источника динистор включится? При каком напряжении источника он выключится после включения, если напряжение плавно уменьшать?

Тема 9. Приборы с зарядовой связью

1. Вопросы для устного опроса

1. Объясните принцип хранения зарядового пакета в потенциальной яме МДП-структуры.
2. Как осуществляется передача заряда между соседними ячейками ПЗС?
3. Что такое квантовая эффективность ПЗС-матрицы и как она зависит от длины волны излучения?
4. В чем отличие архитектуры ПЗС с покадровым переносом (*full-frame*) от архитектуры с межстрочным переносом (*interline*)?
5. Какой физический эффект лежит в основе формирования сигнала в ПЗС?

2. Пример домашнего задания

№1. В ПЗС-линейке на 8 ячеек производится ввод зарядового пакета, соответствующего количеству электронов $N = 10^5$ в первом элементе. Емкость каждого элемента $C = 0,1$ пФ, эффективность переноса составляет $\eta = 99\%$. Найти напряжение сигнала, считываемого с последнего элемента, если считывание происходит через усилитель заряда с коэффициентом преобразования $K = 10$ мкВ/электрон. Определить потерю заряда (в процентах) после всех переносов.

№2. В ПЗС-матрице каждый пиксель имеет площадь $A = 25$ мкм². Под действием света в нем накапливается заряд, который затем считывается через выходной усилитель. Удельная емкость затвора $C_0 = 1,7 \cdot 10^{-4}$ пФ/мкм². Максимальная глубина потенциальной ямы соответствует напряжению на затворе $U_3 = 10$ В относительно подложки. Определить максимальное количество электронов, которое может быть накоплено в одном пикселе. Какое выходное напряжение при этом зарегистрирует усилитель с чувствительностью $K = 5$ мкВ/электрон?

№3. Линейный ПЗС содержит 1024 элемента. Эффективность переноса заряда за один такт $\eta = 0,9995$. Тактовая частота $f = 10$ МГц. Оцените долю заряда, которая остается в исходном элементе

после того, как пакет заряда будет передан на выход. Определите, на сколько процентов уменьшится выходной сигнал по сравнению с исходным.

Тема 10. Микросхемы

1. Вопросы для устного опроса

1. Сформулируйте «золотые правила» работы операционного усилителя в линейном режиме с обратной связью.
2. Выведите коэффициент усиления для инвертирующего усилителя на операционном усилителе.
3. Каков принцип работы интегрального стабилизатора напряжения (компенсационного типа)?
4. Объясните, как таймер 555 генерирует прямоугольные импульсы в режиме автоколебательного мультивибратора (заряд и разряд конденсатора через внешние резисторы).
5. Каковы преимущества использования интегральных микросхем перед дискретными компонентами с точки зрения физики надежности (температурные эффекты, разброс параметров)?

2. Пример домашнего задания

№1. Операционный усилитель в неинвертирующем включении имеет резисторы обратной связи $R_1 = 2$ кОм (между инвертирующим входом и землей) и $R_2 = 18$ кОм (между выходом и инвертирующим входом). Коэффициент усиления без обратной связи $A = 2 \cdot 10^3$. Найти коэффициент усиления по напряжению и сравнить его с идеальным случаем.

№2. Интегральный стабилизатор 7805 используется для питания нагрузки с током $I_{нагр} = 0,5$ А. Входное напряжение стабилизатора $U_{вх} = 12$ В, его нестабильность составляет ± 2 В. Для нормальной работы падение напряжения на стабилизаторе не должно опускаться ниже $U_{др} = 2$ В. Определить необходимый запас по входному напряжению, чтобы гарантировать работу при всех отклонениях, а также рассеиваемую мощность на стабилизаторе в номинальном режиме.

№3. На микросхеме таймера 555 собрана схема автоколебательного мультивибратора. Номиналы компонентов: $R_1 = 10$ кОм, $R_2 = 20$ кОм, $C = 10$ нФ. Определить частоту генерации.

Перечень вопросов и заданий, выносимых на зачёт

1. Выведите и объясните связь между микроскопическими параметрами носителей заряда (концентрация, подвижность и макроскопическим сопротивлением проводника, используя закон Ома в дифференциальной форме
2. Объясните физический механизм фотопроводимости в полупроводниках. Нарисуйте и опишите вольтамперную характеристику фоторезистора при различных уровнях освещенности.
3. Выведите формулу емкости для цилиндрического конденсатора (коаксиального кабеля). От каких геометрических параметров и свойств среды зависит его погонная емкость?
4. Сформулируйте закон самоиндукции. Используя этот закон, докажете, что ток через индуктивность не может измениться скачком, и объясните физический смысл индуктивного сопротивления в цепи переменного тока.
5. Опишите физические процессы в р-п-переходе при подаче прямого и обратного напряжения. Нарисуйте идеализированную ВАХ диода (уравнение Шокли) и укажите участки пробоя.
6. На основе зонной диаграммы р-п-перехода объясните принцип работы светодиода. От каких параметров полупроводникового материала зависит цвет его свечения?

7. Объясните принцип усиления сигнала с помощью биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером. Опишите механизм инжекции носителей из эмиттера и их экстракции коллектором.
8. Опишите четырехслойную структуру тиристора и объясните физический механизм его переключения из закрытого состояния в открытое (S-образная ВАХ). Какова роль управляющего электрода?
9. Опишите принцип работы прибора с зарядовой связью (ПЗС) как светочувствительного устройства. Объясните процессы накопления заряда в потенциальной яме и его построчного переноса к выходному узлу.
10. Объясните принцип работы операционного усилителя в линейном режиме (с обратной связью). На примере схемы инвертирующего усилителя выведите формулу коэффициента усиления по напряжению.

Таблица 9. Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
Код и наименование проверяемой компетенции				
ПК-5. Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.				
1.	Задание закрытого типа	Для того чтобы биполярный n-p-n транзистор находился в режиме насыщения, необходимо, чтобы: А) напряжение база-эмиттер было меньше 0 В Б) ток базы был больше или равен току коллектора, делённому на коэффициент передачи тока В) напряжение коллектор-эмиттер было максимальным Г) транзистор был включён по схеме с общей базой	Б	2
2.		Какой тип полевого транзистора имеет самое высокое входное сопротивление? А) с управляющим p-n-переходом Б) МОП-транзистор с изолированным затвором В) оба типа имеют одинаковое входное сопротивление Г) входное сопротивление не зависит от типа	Б	2
3.		При прямом смещении p-n-перехода: А) сопротивление перехода велико, ток мал Б) потенциальный барьер понижается, ток	Б	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		экспоненциально растёт В) область обеднения расширяется Г) через переход протекает только неосновные носители		
4.		Тиристор после включения можно выключить: А) подачей отрицательного импульса на управляющий электрод Б) снижением тока через тиристор ниже тока удержания В) увеличением напряжения на аноде Г) подачей положительного импульса на управляющий электрод	Б	2
5.		В ключевом режиме полевого транзистора сопротивление открытого канала определяется: А) напряжением на стоке Б) напряжением на затворе относительно истока В) током утечки затвора Г) только типом проводимости канала	Б	2
6.	Задание открытого типа	Почему биполярный транзистор называют биполярным?	Потому что в работе участвуют носители двух типов – электроны и дырки.	5
7.		Объясните физический смысл коэффициента передачи тока базы β .	Коэффициент β показывает, во сколько раз ток коллектора превышает ток базы в активном режиме; это основной параметр усиления по току.	5
8.		Для чего в схеме транзисторного ключа последовательно с базой ставят ограничительный резистор?	Ограничительный резистор ограничивает ток базы, предотвращая повреждение перехода база-эмиттер и обеспечивая расчётный режим насыщения.	5
9.		Назовите главное преимущество полевого транзистора перед биполярным	Полевой транзистор имеет очень высокое входное сопротивление, поэтому он практически	5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		в качестве усилителя слабых сигналов	не потребляет тока от источника сигнала и не нагружает его.	
10.		Почему для выключения тиристора недостаточно снять управляющий сигнал?	После включения тиристора управляющий электрод теряет управление из-за внутренней положительной обратной связи; выключение возможно только снижением анодного тока ниже тока удержания.	5
11.	Задание комбинированного типа	В схеме ключа на биполярном транзисторе при подаче управляющего напряжения на базу транзистор остаётся закрытым. Возможная причина: А) слишком мало напряжение питания коллектора Б) резистор в цепи базы слишком мал В) напряжение на базе недостаточно для отпирания эмиттерного перехода Г) транзистор р-п-р типа, а управляющий сигнал положительный <i>Обоснуйте выбранный ответ.</i>	В <i>Обоснование:</i> чтобы транзистор открылся, напряжение база-эмиттер должно превышать пороговое. Если напряжение на базе меньше, эмиттерный переход остаётся смещённым в обратном или нулевом направлении, транзистор закрыт независимо от других резисторов.	5
12.		Для управления мощной нагрузкой (например, двигателем) от микроконтроллера с низким выходным током лучше всего использовать: А) биполярный транзистор в ключевом режиме Б) полевой МОП-транзистор в ключевом режиме В) диодный выпрямитель Г) тиристор без дополнительных цепей <i>Обоснуйте выбранный ответ.</i>	Б <i>Обоснование:</i> полевой МОП-транзистор управляется напряжением и требует от микроконтроллера ничтожно малого тока, что идеально подходит для согласования. Биполярный транзистор потребовал бы значительного тока базы, что может превысить возможности выхода микроконтроллера. Тиристор без специальных цепей	5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			неудобен для частого включения/выключения, а диод вообще не может управлять нагрузкой в ключевом режиме.	

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля).

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Таблица 10. Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1.	<i>Устный опрос</i>	10/3	30	В течение семестра
2.	<i>Выполнение домашних заданий</i>	10/6	60	В течение семестра
Всего			90	-
Блок бонусов				
3.	<i>Посещение всех занятий</i>	1/5	5	В течение семестра
4.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>	1/5	5	В течение семестра
Всего			10	-
ИТОГО			100	-

Таблица 11. Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-1
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-2
<i>Неготовность к занятию</i>	-1
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-2

Таблица 12. Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	Зачтено
90–100	5 (отлично)	
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64		

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1. Основная литература

1. Смирнов, В. А. Физические основы микроэлектроники : учебное пособие / В. А. Смирнов, О. В. Шуваева. - Москва : Инфра-Инженерия, 2021. - 232 с. - ISBN 978-5-9729-0711-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907113.html>
2. Зебрев, Г. И. Физические основы кремниевой нанoeлектроники : учебное пособие для вузов / Г. И. Зебрев. - 5-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2025. - 243 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". - Загл. с титул. экрана. - ISBN 978-5-93208-869-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785932088692.html>
3. Бялик, А. Д. Физические основы электроники. Транзисторы. Гальваномангнитные и термоэлектрические приборы. Оптоэлектронные приборы : учебное пособие / Бялик А. Д. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. - 92 с. - ISBN 978-5-7782-3223-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778232235.html>

8.2. Дополнительная литература

1. Асеев, А. Л. Полупроводники и нанотехнологии : учеб. пособие / А. Л. Асеев. - Новосибирск : РИЦ НГУ, 2023. - 144 с. - ISBN 978-5-4437-1360-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785443713601.html>
2. Карпов, Е. А. Теоретические основы электротехники. Основы нелинейной электротехники в упражнениях и задачах : учеб. пособие / Е. А. Карпов, В. Н. Тимофеев, М. Ю. Хацаюк - Красноярск : СФУ, 2017. - 184 с. - ISBN 978-5-7638-3724-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763837247.html>
3. Полупроводниковая электроника / пер. с англ. М. В. Рябчицкого, С. В. Турецкого, О. Н. Ермакова. - 2-е изд. - 2-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 592 с. Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". (Схемотехника) - ISBN 978-5-89818-437-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785898184377.html>

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента»
 Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретённым на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог содержит более 15 000 наименований изданий.

www.studentlibrary.ru

Регистрация с компьютеров АГУ

Симулятор электрических схем Falstad

<https://falstad.com/circuit/circuitjs.html>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для успешного освоения дисциплины учебный процесс обеспечивается специализированными аудиториями, включающими в себя аудитории, оснащенные доской, письменными принадлежностями к ней и мультимедийным оборудованием (проектор, экран, персональный компьютер) для демонстрации учебных материалов.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).