

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической
физики им. академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ Легчанов М.А.
“20” июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.4 Физические основы электроники

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Оптические системы и сети связи

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 72/2
часов/з.е

Промежуточная аттестация зачёт (4 семестр)

Разработчик: Раевский А.С., д.ф.-м.н., профессор

Нижний Новгород
2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 года № 930 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 18 мая 2023 г. № 21.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 01 июня 2023 г. № 35.
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. _____

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 20.06.2023 г. № 5.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.02-О-23.
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ

Н.И. Кабанина

(подпись)

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ	3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	9
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	18
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	22
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	22
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	23
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	25
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	25
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	25
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	26
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	26
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	27
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	28
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии	28
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа	29
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах	29
10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях	29
10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	29
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	30
11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ	30
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена	30
11.3. Типовые задания для текущего контроля	33

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины являются формирование необходимых компетенций в области теории и практических приложений физики твердого тела в приборах и устройствах.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- формирование общего понимания об основных физических понятиях, законах и моделях теории электроники, принципах применения основных электронных приборов в составе инфокоммуникационных систем;
- изучение и анализ основных физических явлений, используемых в электронике;
- получение студентами практических навыков проведения теоретических и экспериментальных исследований различных типов электронных приборов, произведения расчёта наиболее важных параметров электронных устройств с использованием справочных характеристик электронных приборов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Физические основы электроники» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Математика» в объёме программы бакалавриата.

Дисциплина «Физические основы электроники» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Электроника», «Схемотехника телекоммуникационных устройств», «Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующей профессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»:

ПКС-13. Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создавать компьютерные программы с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПКС-13								
<i>Дифференциальные уравнения (Б1.В.ОД.2)</i>								
<i>Специальные разделы физики (квантовая физика) (Б1.В.ОД.3)</i>								
<i>Физические основы электроники (Б1.В.ОД.4)</i>								
<i>Электроника (Б1.В.ОД.5)</i>								
<i>Вычислительная техника и информационные технологии (Б1.В.ОД.9)</i>								
<i>Электромагнитные поля и волны (Б1.В.ОД.10)</i>								
<i>Цифровая обработка сигналов (Б1.В.ОД.14)</i>								
<i>Уравнения математической физики (Б1.В.ОД.15)</i>								
<i>Информатика (часть 2) (Б1.В.ОД.16)</i>								
<i>Квазиоптика (Б1.В.ОД.22)</i>								
<i>Основы цифровой техники (Б1.В.ОД.23)</i>								
<i>Технологическая (проектно-технологическая) практика (Б2.П.2)</i>								
<i>Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)</i>								

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения оп

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
ПКС-13. Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создавать компьютерные программы с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно.	ИПКС-13.1 Разрабатывает физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере	Знать: - основные физические понятия, законы и модели теории электроники; - принципы применения основных электронных приборов в составе средств электросвязи.	Уметь: - собирать и анализировать исходные данные и производить расчеты наиболее важных параметров электронных устройств; - пользоваться справочными характеристиками электронных приборов при проектировании конкретных устройств электросвязи.	Владеть: - навыками постановки задач анализа физических явлений в электронике; - навыками проведения теоретических и экспериментальных исследований различных типов электронных приборов.	Комплекты домашних заданий	Комплекты вопросов и задач: билеты

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего	В т.ч. по семестрам	
		4 сем	
Формат изучения дисциплины	очная		
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	72	72	
1. Контактная работа:	38	38	
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	34	34	
занятия лекционного типа (Л)	17	17	
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	-	-	
лабораторные работы (ЛР)	17	17	
1.2. Внеаудиторная, в том числе	4	4	
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	.		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
2. Самостоятельная работа (СРС)	34	34	
реферат/эссе (подготовка)			
расчёто-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	34	34	
Подготовка к зачёту (контроль)	-	-	

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
4 семестр											
ПКС-13 ИПКС-13.1	Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения.				Подготовка к лекциям [6.2.3]		1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления	Конспект лекций			
	Тема 1.1. Обзор состояния науки и техники в области современной электроники.	2,0									
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				4,0						
	Итого по 1 разделу:	2,0			4,0						
ПКС-13 ИПКС-13.1	Раздел 2. Основы физики твёрдого тела.				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		Конспект лекций				
	Тема 2.1. Металлы и диэлектрики. Собственный и примесный полупроводники.	0,5									
	Тема 2.2. Внутренняя структура твёрдых тел. Типы и силы связей.	0,5									
	Тема 2.3. Кристаллическая решётка. Строение и классификация твёрдых тел.	0,5									
	Тема 2.4. Элементы теории твёрдого тела. Элементы физической статистики. Понятие о зонной теории.	0,5									
	Тема 2.5. Энергетический спектр	0,5									

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия						
	электронов в кристалле. Зонная структура твёрдых тел.					[6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 2.6. Металлы, диэлектрики и полупроводники в зонной теории.	0,25				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 2.7. Положение уровня Ферми и концентрация свободных носителей в полупроводниках.	0,25				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				4,0					
	Итого по 2 разделу:	3,0	--		4,00					
Раздел 3. Электропроводность твёрдых тел.										
	Тема 3.1. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 3.2. Равновесные концентрации носителей в полупроводниках.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 3.3. Элементы теории электропроводности.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 3.4. Электропроводность полупроводников.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				6,0					
	Итого по 3 разделу	4,0		4,0	6,0					
ПКС-13 ИПКС-13.1	Раздел 4. Физические процессы в электронике и электронные явления.									
	Тема 4.1. Контактные явления.	1,0				Подготовка к лекциям				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия						
	Природа явлений и работа выхода.					[6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Лабораторная работа 1. Электронно-дырочный переход в полупроводниках.		4,0			Подготовка к лабораторной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 4.2. Диффузионные и дрейфовые токи. Математическая модель перехода. Барьерная и диффузионная ёмкости.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 4.3. Термоэлектрические явления.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Лабораторная работа 2. Термоэлектрические явления.		4,0			Подготовка к лабораторной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 4.4. Гальванические явления и эффект Холла.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Лабораторная работа 3. Изучение эффекта Холла.		4,0			Подготовка к лабораторной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				10,0					
	Итого по 4 разделу:	4,0	12,0	4,0	10,0					
ПКС-13 ИПКС-13.1	Раздел 5. Физические принципы работы электронных приборов. Элементы квантовой электроники и квантовые приборы.									
	Тема 5.1. Физические принципы работы электронных приборов.	2,0				Подготовка к лекциям [6.2.1], [6.2.2]				
	Лабораторная работа 4. Туннельный эффект. Исследование туннельного диода.		5,0			Подготовка к лабораторной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]				
	Тема 5.2. Физические принципы работы квантовых приборов.	2,0				Подготовка к лекциям [6.2.1], [6.2.2]				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				10,0						
	Итого по 5 разделу:	4,0	5,0	-	10,0						
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17	17	-	34						
	ИТОГО по дисциплине	17	17	-	34						

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам практических и лекционных занятий.

Также сформирован перечень вопросов и задач, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачёта в 4 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели)

Шкала оценивания	Контрольная неделя	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается в виде оценок по четырёхбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

.

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не засчитено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «засчитено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «засчитено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «засчитено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-12. Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создавать компьютерные программы с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно.	ИПКС-12.1 Разрабатывает физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере.	<p>Не знает основные физические понятия, законы и модели теории электроники; принципы применения основных электронных приборов в составе средств электросвязи.</p> <p>Не умеет собирать и анализировать исходные данные и производить расчеты наиболее важных параметров электронных устройств; пользоваться справочными характеристиками электронных приборов при проектировании конкретных устройств электросвязи.</p> <p>Не владеет навыками постановки задач анализа физических явлений в электронике; навыками проведения теоретических и экспериментальных исследований различных типов электронных приборов.</p>	<p>Слабо знает основные физические понятия, законы и модели теории электроники; принципы применения основных электронных приборов в составе средств электросвязи.</p> <p>Слабо умеет собирать и анализировать исходные данные и производить расчеты наиболее важных параметров электронных устройств; пользоваться справочными характеристиками электронных приборов при проектировании конкретных устройств электросвязи.</p> <p>Слабо владеет навыками постановки задач анализа физических явлений в электронике; навыками проведения теоретических и экспериментальных исследований различных типов электронных приборов.</p>	<p>Знает основные физические понятия, законы и модели теории электроники; принципы применения основных электронных приборов в составе средств электросвязи.</p> <p>Умеет собирать и анализировать исходные данные и производить расчеты наиболее важных параметров электронных устройств; пользоваться справочными характеристиками электронных приборов при проектировании конкретных устройств электросвязи.</p> <p>Владеет навыками постановки задач анализа физических явлений в электронике; навыками проведения теоретических и экспериментальных исследований различных типов электронных приборов.</p>	<p>Хорошо знает основные физические понятия, законы и модели теории электроники; принципы применения основных электронных приборов в составе средств электросвязи.</p> <p>Хорошо умеет собирать и анализировать исходные данные и производить расчеты наиболее важных параметров электронных устройств; пользоваться справочными характеристиками электронных приборов при проектировании конкретных устройств электросвязи.</p> <p>Хорошо владеет навыками постановки задач анализа физических явлений в электронике; навыками проведения теоретических и экспериментальных исследований различных типов электронных приборов.</p>

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « отлично » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « хорошо » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « удовлетворительно » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (недовлетворительно)	оценку « неудовлетворительно » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)
1	2
6.1.1	Гуртов, В. А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие / В. А. Гуртов. – Москва, 2005. – 492 с.
6.1.2	Епифанов, Г.И. Физика твердого тела. – СПб.: М.: Краснодар: Лань, 2010.
6.1.3	Матухин, В.Л. Физика твердого тела: Учеб. пособие / Матухин В.Л., Ермаков В.Л.. - СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 224 с.
6.1.4	Задачи по физике твердого тела / Под ред. Г.Дж. Голдсмита. – М.: Наука, 1976. – 431 с.
6.1.5	Марголин, В.И. Физические основы микроэлектроники: учебник для студ. Высш. учеб. заведений / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, В.А. Тупик. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 400 с.

6.2. Справочно-библиографическая литература

6.2.1	Барыбин, А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 424 с.
6.2.2	Джонс, М.Х. Электроника – практический курс. - М.: Техносфера, 2013. – 512 с.
6.2.3	Базовые лекции по электронике (в 2-х томах). Т. II. Твердотельная электроника / Под общ. ред. В.М. Пролейко. - М.: Техносфера, 2009. – 608 с.
6.2.4	Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров: учеб. пособие. / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко. Издание 2-е, доп. - М.: Техносфера, 2012. – 560 с.

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Физические основы электроники» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Физические основы электроники».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Физические основы электроники»

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Физические основы электроники»

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.

4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.

5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.

6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.

7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Физические основы электроники», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ФТОС» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические занятия в форме семинаров представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является выступление (доклад) с последующим обсуждением наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка

материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая:

- проведение теоретических опросов перед выполнением лабораторных работ;
- проверка отчетов;
- проверка выполнения домашних заданий;
- проведение контрольных работ.

11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачета

1. Понятие «удельное электрическое сопротивление».
2. Металлы и диэлектрики.
3. Собственный и примесный полупроводники.
4. Внутренняя структура твердых тел.
5. Типы и силы связей.
6. Кристаллическая решетка.
7. Индексы Миллера.
8. Строение и классификация твердых тел.
9. Дефекты кристаллической решетки.
10. Волновая механика свободных электронов.
11. Движение в пространстве с периодическим потенциалом.
12. Потенциальная энергия электрона в металле. Модель Зоммерфельда.
13. Зоны Бриллюэна.
14. Плотность заполнения энергетических уровней в состоянии термодинамического равновесия.
15. Статистика носителей заряда в полупроводниках.
16. Зонная структура собственных и примесных полупроводников.
17. Зонная структура металлов и диэлектриков.
18. Энергетический спектр электронов в кристалле.
19. Металлы, диэлектрики и полупроводники в зонной теории.
20. Положение уровня Ферми и концентрация свободных носителей в полупроводниках.
21. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках.
22. Электропроводность металлов и диэлектриков.
23. Электропроводность полупроводников.
24. Дрейф носителей заряда в полупроводниках.
25. Диффузия носителей заряда в полупроводниках.

26. Дрейф носителей заряда в сильных электрических полях.
27. Электронно-дырочный переход.
28. $P-n$ -переход в равновесном состоянии.
29. Анализ неравновесного $p-n$ -перехода.
30. $P-n$ -переход при прямом и обратном напряжениях.
31. Механизмы пробоя $p-n$ -перехода (туннельный, лавинный, тепловой).
32. Разновидности полупроводниковых диодов.
33. Туннельный диод. Зонная диаграмма и ВАХ.
34. Эффект Холла.
35. Побочные эффекты, влияющие на результаты измерений эффекта Холла.
36. Стабилитрон.
37. Структура и принцип действия биполярного транзистора.
38. Схемы включения (ОЭ, ОБ, ОК).
39. Диод Шоттки.
40. Диод Ганна.

11.3. Типовые задания для промежуточной аттестации в форме зачета

1. Некоторая трехмерная решетка, имеющая форму куба со стороной L , содержит N атомов, каждый из которых имеет Z валентных электронов. Пусть электроны свободно перемещаются под действием приложенного электрического поля (приближение свободных электронов). Выведите выражение для оценки радиуса сферы Ферми в обратном пространстве.
2. Найти положение уровня Ферми и температурную зависимость концентрации электронов в собственном полупроводнике. Как изменится концентрация электронов при изменении температуры от 200 К до 300 К, если $E_q = (0,7785 - \xi T)$, эВ.
3. Вычислить собственную концентрацию носителей заряда в кремнии при $T=300\text{K}$, если ширина его запрещенной зоны $E_q = 1,12$ эВ, а эффективные массы состояний равны $m_c = 1,05m_0$, $m_v = 0,56 m_0$.
4. Определить удельную проводимость примесного полупроводника (σ), если $m_p=0,37m_0$, $n=1,37*10^{16} \text{ см}^{-3}$ при $T=400\text{K}$; $n_i=1,38*10^{15} \text{ см}^{-3}$ при $T=400\text{K}$; $\tau_m=0,25*10^{-12} \text{ с}$, $e=1,6*10^{-19} \text{ к}$, $m_0=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $m_n=0,56 m_0$.
5. Образец кремния n -типа, находящийся в состоянии термодинамического равновесия при температуре 300К, характеризуется следующими параметрами: удельное сопротивление 5 Ом \cdot см; подвижность электронов $1600 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \text{с}^{-1}$; подвижность дырок $600 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \text{с}^{-1}$; собственная концентрация носителей $1,4 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$ и эффективная плотность уровней в зоне проводимости 10^{19} см^{-3} . Определите: а) концентрацию электронов и дырок; б) положение уровня Ферми; в) вероятность событий, состоящих в том, что донорный уровень занят и свободен. Известно, что $E_c - E_d = 50$ мэВ.
6. Определить дрейфовую скорость электрона (v_D) при следующих параметрах: удельное сопротивление образца $\rho = 0,01 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, длина образца $l = 5 \text{ см}$, напряжение, прилагаемое к образцу, равно $U = 80 \text{ В}$, концентрация электронов $n = 6,2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ при $T = 300\text{K}$.

Полный фонд оценочных средств по дисциплине «Физические основы электроники» находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИЯЭиТФ

“ ____ ” 20 ____ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

« _____ »

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} _____

Направленность: _____

Форма обучения _____

Год начала подготовки: _____

Курс _____

Семестр _____

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20 ____ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1);

2);

3)

Разработчик (и): _____
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«__»____2021_г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

_____ протокол № _____ от «__»____2021_г.

Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС _____ «__»____2020_г.

Методический отдел УМУ: _____ «__»____2020_г.