

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Факультет ~~энергетики и управления~~

Гудим А.С.

 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические основы электроники»

Направление подготовки	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность (профиль) образовательной программы	Промышленная электроника
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2, 3	4, 5	9

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен, Курсовая работа, Зачет с оценкой	Кафедра «Промышленная электроника»

Разработчик рабочей программы:

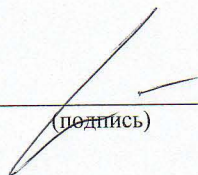
Доцент кафедры ПЭ, к.т.н., доцент  
(должность, степень, ученое звание)

*С. Копытов*  
(подпись)

Копытов С.М.  
(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ПЭ  
(наименование кафедры)

  
(подпись)

Любушкина Н.Н.  
(ФИО)

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Физические основы электроники» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 927 от 19.09.2017, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Промышленная электроника» по направлению 11.03.04 "Электроника и наноэлектроника".

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 29.007 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ МИКРО И НАНОРАЗМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ». Обобщенная трудовая функция: А. Разработка принципиальной электрической схемы микроэлектромеханической системы.

ТФ 3.1.1 «Определение возможных вариантов реализации электронных компонентов микроэлектромеханической системы». НЗ-9 «Физические и математические модели приборов и схем микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения».

ТФ 3.1.2 «Выбор методов преобразования физических величин и поведенческих моделей электромеханических, оптических, сверхвысокочастотных, микрожидкостных устройств и типовых радиоэлементов». НЗ-5 «Основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области микросистемной техники».

ТФ 3.1.2 «Выбор методов преобразования физических величин и поведенческих моделей электромеханических, оптических, сверхвысокочастотных, микрожидкостных устройств и типовых радиоэлементов». НЗ-6 «Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем».

Задачи дисциплины	Формирование знаний, умений и навыков по анализу работы, применению и замене активных электронных приборов промышленных электронных устройств.
Основные разделы / темы дисциплины	Физические основы работы электровакуумных приборов. Электрические свойства полупроводниковых материалов. Электронно-дырочный переход, контактные явления и полупроводниковые приборы. Биполярные транзисторы. Униполярные (полевые) транзисторы. Тиристоры. Полупроводниковые термоэлектрические устройства. Магнитоэлектрические полупроводниковые приборы. Полупроводниковые источники некогерентного излучения и жидкокристаллические индикаторы. Фотоприемные приборы с внешним и внутренним фотоэффектом. Физические основы квантовой электроники. Оптические квантовые генераторы. Управление лазерным излучением и его применение для передачи информации.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Физические основы электроники» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	- знать физические процессы, лежащие в основе работы твердотельных электропреобразовательных, оптоэлектронных и квантовых электронных приборов, назначение, конструктивные особенности, основные параметры и характеристики данных приборов
	ОПК-1.2. Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	- уметь практически определять параметры и характеристики твердотельных электропреобразовательных, оптоэлектронных и квантовых электронных приборов, оценивать влияние на них окружающей среды, использовать соответствующий физико - математический аппарат для расчета параметров и характеристик данных приборов
	ОПК-1.3. Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	- владеть навыками проверки исправности и определения режима работы электропреобразовательных, оптоэлектронных и квантовых приборов в схеме устройства, выбора нужных приборов при проектировании систем промышленной электроники

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физические основы электроники» изучается на 2, 3 курсе, 4, 5 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к обязательной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Химия», «Математика», «Физика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Теоретические основы электротехники».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Физические основы электроники», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Теория сигналов и систем».

Дисциплина «Физические основы электроники» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

**4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 9 з.е., 324 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	324
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	29
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	12
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	14
<b>ИКР</b>	3
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	283
Промежуточная аттестация обучающихся – Экзамен, Курсовая работа, Зачет с оценкой	12

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Семестр 4</b>				
<b>Раздел 1. Физические основы работы электровакуумных приборов</b>				
<b>Тема 1.1</b> Электронная эмиссия. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.				3
Термоэлектрическая, вторичная, фотоэлектронная, полевая эмиссия электронов				3
<b>Тема 1.2</b> Вакуумные диоды. Устройство, физические процессы, принцип работы. Режим объемного заряда и насыщения тока. ВАХ диода. Усилительные электронные лампы. Модуляция тока в электровакуумных приборах. Вакуумный триод, тетрод и пентод.				3
Электронно-лучевые трубки. Рентгеновская трубка.				3
<b>Раздел 2. Электрические свойства полупроводниковых материалов</b>				
<b>Тема 2.1</b> Классификация электронных приборов. Классификация и энергетические диаграммы твердых тел. Валентная зона и зона проводимости. Зонная структура металла, диэлектрика и полупроводника. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники.				3
Изучение зонной теории твердого тела				3
<b>Тема 2.2</b> Уровень Ферми. Законы распределения носителей заряда в зонах полупроводника. Вырожденные и невырожденные полупроводники	1			3
Изучение законов распределения носителей заряда в зонах полупроводника				3
Определение уровня Ферми через концентрации носителей				3
<b>Тема 2.3</b> Диффузия и дрейф носителей	1			3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
заряда. Подвижность носителей и коэффициент диффузии, их связь. Полный ток в полупроводнике				
Изучение законов движения носителей в твердых телах				3
<b>Тема 2.4</b> Полупроводники в сильных электрических полях (ударная ионизация, туннелирование электронов, рассеяние носителей заряда, междолинный переход электронов)				3
Изучение эффектов сильного поля в полупроводнике				3
<b>Раздел 3. Электронно-дырочный переход, контактные явления и полупроводниковые приборы</b>				
<b>Тема 3.1</b> Физические основы образования электронно-дырочного перехода. Анализ перехода в равновесном и в неравновесном состоянии. Токи через р-п – переход. Свойства симметричного и несимметричного р-п-перехода. ВАХ р-п – перехода	1			3
Физика образования р-п – перехода				3
Исследование выпрямительных диодов*			1*	3
<b>Тема 3.2</b> Диффузионная и барьерная емкость р-п-перехода.	1			3
Емкостные свойства р-п-перехода и их проявлений при прохождении тока через переход.				3
Вольтфарадная характеристика р-п – перехода и ее использование в варикапах.				3
<b>Тема 3.3</b> Пробой р-п-перехода. Лавинный, туннельный и тепловой пробой.				3
Виды пробоя р-п - перехода.				3
Использование лавинного и туннельного пробоя для стабилизации напряжения. Стабилитроны, стабисторы				3
Исследование полупроводниковых стабилитронов*			1*	3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Решение задач РГР из раздела «Контактные явления»				3
<b>Тема 3.4</b> Частотные и импульсные свойства р-п-перехода. Туннельные и обращенные диоды.				3
Импульсные, высокочастотные и сверхвысокочастотные диоды.				3
<b>Тема 3.4</b> Контакт полупроводников с одним типом проводимости, но с разной концентрацией носителей заряда (переходы типа р+-р, н+-п, р-і, п-і). Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником				3
Диоды Шоттки.				3
Гетеропереходы.				3
Решение задач РГР из раздела «Полупроводниковые диоды»				3
<b>Раздел 4. Биполярные транзисторы</b>				
<b>Тема 4.1</b> Назначение и классификация транзисторов. Принцип работы транзистора и его основные параметры. Основные режимы работы и схемы включения транзистора.				3
Режимы работы и схемы включения транзистора.				3
<b>Тема 4.2</b> Статические вольтамперные характеристики транзистора в схемах с ОБ и с ОЭ.	1			3
ВАХ транзистора в схемах с ОБ и с ОЭ				3
Исследование статических характеристик и физических параметров маломощного транзистора в схеме с ОБ*			2*	3
Решение задач РГР из раздела «Биполярные транзисторы»				3
Исследование статических характеристик и физических параметров маломощного транзистора в схеме с ОЭ*			2*	3
<b>Тема 4.3</b> Пробой транзистора. Зависи-				3



Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
мощь напряжения пробоя от схемы включения транзистора. Работа транзистора на малом переменном сигнале. Схемы замещения малого и большого сигнала. Малосигнальные параметры.				
Пробивные свойства транзистора				3
<b>Тема 4.4</b> Усилительные свойства транзистора в разных схемах включения.	1			3
Усилительные свойства транзистора в разных схемах включения				3
Система обозначений и конструкции элементной базы электронных устройств. Технологические процессы изготовления.				3
<b>Тема 4.5</b> Дрейфовый и бездрейфовый транзисторы. Частотные свойства транзисторов в разных схемах включения. Нагрузочная характеристика транзистора. Параметры предельного режима работы по температуре.				3
Частотные свойства транзистора в разных схемах включения				3
Выполнение расчетного задания РГР из раздела «Биполярные транзисторы»				3
<b>Тема 4.6</b> Работа транзистора на импульсах.				3
<b>ИТОГО за 3 семестр</b>	6		6	138
<b>Семестр 5</b>				
<b>Раздел 5. Униполярные (полевые) транзисторы</b>				
<b>Тема 5.1</b> Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом и с переходом Шотки. Статические характеристики, эквивалентные схемы.				3
Исследование полевого транзистора с управляющим переходом*			2*	3
<b>Тема 5.2</b> Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП - транзисто-	1			3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
ры), структура, принцип действия. МДП - транзисторы с индуцируемым каналом, статические характеристики, виды пробоя.				
Принцип работы и ВАХ полевых транзисторов с изолированным затвором и индуцируемым и встроенным каналом				3
<b>Тема 5.3</b> Полупроводниковые приборы с зарядовой связью, свойства и параметры.				3
<b>Раздел 6. Тиристоры</b>				
<b>Тема 6.1</b> Динисторы (диодные тиристоры). Структура и принцип действия, ВАХ. Динистор с зашунтированным эмиттерным переходом.	1			3
Исследование тиристора*			2*	3
<b>Тема 6.2</b> Триодные тиристоры (тринисторы), структура, принцип действия, ВАХ.				3
<b>Тема 6.3</b> Тиристоры, проводящие в обратном направлении. Симметричные тиристоры (симисторы).				3
<b>Тема 6.4</b> Способы переключения тиристоров. Динамические свойства. Основные параметры тиристоров.				3
<b>Раздел 7. Полупроводниковые термоэлектрические устройства</b>				
<b>Тема 7.1</b> Конструкция и принцип действия термоэлектрических устройств. Возникновение термо-ЭДС (эффект Зеебека). Поглощение и выделение теплоты в спаях термоэлемента (эффект Пельтье).				3
<b>Тема 7.2</b> Термоэлектрические генераторы. Полупроводниковые холодильники и тепловые насосы				3
<b>Раздел 8. Магнитоэлектрические полупроводниковые приборы</b>				
<b>Тема 8.1</b> Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Преобразователи Холла.	1			3
<b>Тема 8.2</b> Магниторезисторы. Магнитодиоды и магнитотранзисторы.				3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Выполнение расчетного задания КР из раздела «Расчет полупроводниковых датчиков».				4
<b>Раздел 9. Полупроводниковые источники некогерентного излучения и жидкокристаллические индикаторы</b>				
<b>Тема 9.1</b> Светодиоды и инфракрасные излучающие диоды. Принцип действия, параметры и характеристики, конструктивное исполнение.	1			3
<b>Тема 9.2</b> Знаковые индикаторы, шкалы и экраны на основе светоизлучающих диодов.				3
Выполнение расчетного задания КР из раздела «Светоизлучающие приборы»				3
<b>Тема 9.3</b> Порошковые и пленочные электролюминесцентные излучатели.				3
<b>Тема 9.4</b> Жидкокристаллические элементы индикации				3
Принцип действия и параметры ЖКИ				3
<b>Раздел 10. Фотоприемные приборы с внешним и внутренним фотоэффектом</b>				
<b>Тема 10.1</b> Внешний фотоэффект. Электронные и ионные фотоэлементы. Структура, вольтамперные характеристики, частотные свойства, применение.				3
<b>Тема 10.2</b> Фотоэлектронные умножители, вторичные и каналовые электронные умножители.				3
<b>Тема 10.3</b> Внутренний фотоэффект. Фоторезисторы. Структура, вольтамперные характеристики, частотные свойства, применение.	1			3
<b>Тема 10.4</b> Режимы работы освещаемого р-п-перехода (фотодиодный режим и режим генерации фотоЭДС). Фотодиоды. Полупроводниковые фотоэлементы.		1		3
Исследование оптронов*			2*	3
<b>Тема 10.5</b> Фототранзисторы и фототиристоры.				3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел 11. Физические основы квантовой электроники</b>				
<b>Тема 11.1</b> Квантовые переходы в веществе и процессы испускания и поглощения света. Инвертированная активная среда. Усиление света, методы создания инверсии, принципиальные схемы уровней активных центров.	1			3
Использование инвертированной активной среды для усиления света				3
<b>Тема 11.2</b> Возникновение лазерной генерации. Оптический резонатор, моды оптического резонатора, виды потерь световой энергии.		1		3
Оптические резонаторы				3
<b>Тема 11.3</b> Основные сведения о лазере. Коэффициент усиления, мощность генерации, условие возникновения генерации, оптимальное значение коэффициента излучательных потерь.				3
Линия усиления активной среды, резонансные частоты.				3
Использование инвертированной активной среды для генерации когерентного излучения				3
Квантовые парамагнитные усилители				3
<b>Раздел 12. Оптические квантовые генераторы</b>				
<b>Тема 12.1</b> Структурная схема лазера. Типы лазеров и способы накачки.				3
Газовый и твердотельный лазер.				3
<b>Тема 12.2</b> Полупроводниковые инжекционные лазеры на гомопереходах.				3
Принцип действия и параметры полупроводниковых инжекционных лазеров				3
Полупроводниковые инжекционные лазеры на гетеропереходах, энергетические диаграммы, конструкция параметры и характеристики.				3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Выполнение расчетного задания КР из раздела «Оптические резонаторы»				3
<b>Раздел 13. Управление лазерным излучением и его применение для передачи информации</b>				
<b>Тема 13.1</b> Внутррезонансное управление спектральными характеристиками лазерного излучения				3
Подавление нежелательных рабочих переходов. Плавная перестройка длины волны. Селекция центральной продольной моды за счет уменьшения длины резонатора и за счет использования резонатора с дополнительным зеркалом.				3
<b>Тема 13.2</b> Модуляция добротности резонатора				3
<b>Тема 13.3</b> Преобразование частоты излучения в нелинейной среде				3
<b>Тема 13.4</b> Отклонение и сканирование светового луча				3
Выполнение расчетного задания КР из раздела «Управление лазерным излучением»				3
<b>Тема 13.5</b> Передаточные свойства световода. Волоконно-оптические линии связи.				3
Выполнение расчетного задания КР из раздела «Оптические методы передачи информации»				3
<b>ИТОГО за 4 семестр</b>	6	2	6	148
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>286</b>

\* реализуется в форме практической подготовки

## 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических разделов дисциплины	158
Подготовка к занятиям семинарского типа	64
Подготовка и оформление РГР, КР	64
	286

## **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1) Бобылев, Ю. Н. Физические основы электроники: Учеб. пособие для вузов / Бобылев Ю.Н., - 2-е изд., стер. - Москва :МГГУ, 2003. - 290 с.: ISBN 5-7418-0130-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/999877> (дата обращения: 05.12.2021). – Режим доступа: по подписке.

2) Физические основы твердотельной электроники : учебно-методическое пособие / Ю. А. Бурачевский, А. С. Климов, А. В. Медовник, Ю. Г. Юшков. - Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2019. - 152 с. - ISBN 978-5-86889-828-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1850334> (дата обращения: 05.12.2021). – Режим доступа: по подписке.

3) Давыдов В.Н. Физические основы оптоэлектроники : учебное пособие / Давыдов В.Н.. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 139 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/72209.html> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4) Шангина Л.И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Шангина Л.И.. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 301 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/13939.html> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5) Битнер Л.Р. Вакуумная и плазменная электроника : учебное пособие / Битнер Л.Р.. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. — 148 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/13920.html> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6) Шошин Е.Л. Электроника. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / Шошин Е.Л.. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 238 с. — ISBN 978-5-4497-0508-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100742.html> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7) Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы : учебник для вузов / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. - 9-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009; 2006; 2003; 2002; 2001. – 480 с.

## 8.2 Дополнительная литература

- 1) Кольцов Г.И. Физика полупроводниковых приборов. Расчет параметров bipolarных приборов : сборник задач / Кольцов Г.И., Диденко С.И., Орлова М.Н.. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2012. — 78 с. — ISBN 978-5-87623-533-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/56589.html> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
- 2) Филиппов В.В. Физика полупроводниковых приборов : лабораторный практикум / Филиппов В.В., Мицук С.В.. — Липецк : Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семёнова-Тян-Шанского, 2016. — 124 с. — ISBN 978-5-88526-787-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/101071.html> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
- 3) Кольцов Г.И. Теория и расчет полупроводниковых приборов: твердотельная электроника : лабораторный практикум / Кольцов Г.И., Диденко С.И., Орлова М.Н.. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2010. — 83 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98105.html> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
- 4) Штейнбрехер В.В. Полупроводниковые приборы : лабораторный практикум / Штейнбрехер В.В., Плужникова Т.Н.. — Тамбов : Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, 2019. — 86 с. — ISBN 978-5-00078-297-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/109783.html> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
- 5) Юрчук С.Ю. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы : лабораторный практикум / Юрчук С.Ю., Диденко С.И., Кольцов Г.И.. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2006. — 63 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/56102.html> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

## 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

- 1) Копытов, С.М. Твердотельная электроника: Методическое пособие. / С.М. Копытов (автор-составитель) – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т», 2003. – 179 с.
- 2) Копытов, С.М. Твердотельная электроника: Методические указания к лабораторным работам / Сост. С.М. Копытов – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т», 2002. – 40 с.  
<http://www.initkms.ru/library/readbook/1101098/1>
- 3) Копытов, С.М. Квантовая и оптическая электроника: Методическое пособие. / С.М. Копытов (автор-составитель) – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т», 2003. – 179 с.
- 4) Копытов, С.М. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания к лабораторным работам. / С.М. Копытов – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т», 2002.– 31 с.

## 8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

- 1) Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM.
- 2) Электронно-библиотечная система IPRbooks.

- 3) Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU.
- 4) Политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных Web of Science.
- 5) База данных международных индексов научного цитирования Scopus.

### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1) Учебный лабораторный стенд по электронике для изучения полупроводниковых приборов LESO3. - Режим доступа: <http://www.labfor.ru/devices/leso3>.
- 2) Тороид. Полезная информация. Полупроводниковые приборы и устройства на их основе. - Режим доступа: - [www.toroid.ru/polprovod.html](http://www.toroid.ru/polprovod.html)
- 3) Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
- 4) Информационная системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН)[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>
- 5) «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>

### **8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
Mathcad Education	Договор № 106-АЭ120 от 27.11.2012

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом иписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практически) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.



## 9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

## 9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

## 9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

## **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

### **9.5.1 Методические указания при работе над конспектом лекции**

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций и т.д.

### **9.5.2 Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям**

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

### 9.5.3 Методические указания по выполнению расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа должна быть выполнена в 4 семестре.

**Тема работы** «Изучение принципов работы, устройства и параметров электропреобразовательных полупроводниковых приборов».

**Цель работы:** изучение физических основ функционирования, принципов устройства и работы полупроводниковых диодов и биполярных транзисторов, ознакомление с их характеристиками и параметрами.

#### **Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы**

Рассчитать параметры и характеристики электропреобразовательных полупроводниковых приборов. Для этого изучить физические основы функционирования, принципы устройства и работы полупроводниковых диодов и биполярных транзисторов, ознакомиться с их характеристиками и параметрами.

Задание на расчетно-графическую работу представляет собой набор практических задач, результаты решения которых, должны быть изложены в виде расчетно-пояснительной записки. Студент выполняет задачи из разделов курса «Контактные явления», «Полупроводниковые диоды», «Биполярные транзисторы» в соответствии со своим вариантом.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать введение, исходные задания, решения задач с необходимыми пояснениями, требуемые схемы, а также графический материал, представленный энергетическими и временными диаграммами, графиками и т.д., заключение и список использованных источников.

Выполненная РГР должна удовлетворять нормативным документам университета, с которыми можно ознакомиться в отделе стандартизации или на сайте университета. Отступления от указанных требований могут служить основанием для возврата работы на исправление.

### 9.5.4 Методические указания по выполнению курсовой работы

Курсовая работа должна быть выполнена в 5 семестре.

**Тема работы** «Расчет параметров и характеристик приборов твердотельной, оптической и квантовой электроники».

**Цель работы:** изучение физических основ функционирования, принципов устройства и работы полевых транзисторов, тиристоров, термоэлектрических, магнитоэлектрических, оптоэлектронных и квантовых приборов, ознакомление с их характеристиками и параметрами.

#### **Исходные данные для выполнения курсовой работы**

1) Рассчитать параметры и характеристики полевых транзисторов, тиристоров, термоэлектрических, магнитоэлектрических полупроводниковых приборов. Для этого изучить физические основы функционирования, принципы устройства и работы полевых транзисторов, тиристоров, термоэлектрических, магнитоэлектрических полупроводниковых приборов, ознакомиться с их характеристиками и параметрами.

2) Рассчитать параметры и характеристики оптоэлектронных и квантовых приборов. Для этого изучить физические основы функционирования, принципы устройства и работы оптоэлектронных и квантовых приборов, ознакомиться с их характеристиками и параметрами.

Задание на курсовую работу представляет собой набор практических задач, результаты решения которых, должны быть изложены в виде расчетно-пояснительной записки. Записка должна содержать исходные задания, решения задач с необходимыми пояснениями, требуемые схемы, а также графический материал, представленный энергетическими и временными диаграммами, графиками и т.д.

В процессе выполнения задания студент прорабатывает теоретический материал, производит необходимые расчеты, строит электрические схемы, вольт-амперные характеристики приборов, энергетические, временные диаграммы и графики.

При прохождении данного этапа студент учится работать с технической литературой, искать решения поставленных инженерных задач, организовывать самостоятельную работу.

Курсовая работа затрагивает основные аспекты теории и методов расчета параметров и характеристик электронных приборов, с которыми придется столкнуться будущему инженеру в процессе работы по специальности.

Основными задачами курсовой работы являются:

- закрепление и более глубокое усвоение теоретических знаний;
- приобретение навыков и освоение методов технического расчета параметров и характеристик электронных приборов;
- развитие навыков самостоятельной работы при выборе методов расчета и творческой инициативы при решении конкретных задач;
- развитие навыков поиска и самостоятельной работы с технической литературой;
- подготовка к освоению будущих дисциплин направления.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
304/3	Лаборатория электронной техники	Универсальный лабораторный стенд 87Л-01 «Луч»
		Микроконтроллерный стенд LESO3 для исследования ВАХ полупроводниковых приборов

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

#### **Лекционные занятия.**

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

Для реализации дисциплины подготовлены следующие презентации:

1. Полевые (униполярные) транзисторы
2. Тиристоры
3. Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномагнитные приборы
4. Оптоэлектронные приборы
5. Квантовые приборы

#### **Практические занятия.**

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

#### **Лабораторные занятия.**

Для лабораторных занятий используется аудитория № 304/3, оснащенная оборудованием, указанным в табл. 6.

### **Самостоятельная работа.**

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КнАГУ:

- читальный зал НТБ КнАГУ;
- компьютерные классы (ауд. 211 корпус № 3).

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### по дисциплине

### «Физические основы электроники»

Направление подготовки	11.03.04 Электроника и микроэлектроника
Направленность (профиль) образовательной программы	Промышленная электроника
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2, 3	4, 5	9

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен, Курсовая работа, Зачет с оценкой	Кафедра «Промышленная электроника»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	- знать физические процессы, лежащие в основе работы твердотельных электропреобразовательных, оптоэлектронных и квантовых электронных приборов, назначение, конструктивные особенности, основные параметры и характеристики данных приборов
	ОПК-1.2. Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	- уметь практически определять параметры и характеристики твердотельных электропреобразовательных, оптоэлектронных и квантовых электронных приборов, оценивать влияние на них окружающей среды, использовать соответствующий физико - математический аппарат для расчета параметров и характеристик данных приборов
	ОПК-1.3. Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	- владеть навыками проверки исправности и определения режима работы электропреобразовательных, оптоэлектронных и квантовых приборов в схеме устройства, выбора нужных приборов при проектировании систем промышленной электроники

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
<b>Семестр 4</b>			
Разделы 2, 3, 4	ОПК-1	Лабораторные работы	Аргументированность ответов
Разделы 2, 3, 4	ОПК-1	Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Разделы 1 - 4	ОПК-1	Вопросы к экзамену	Полнота и аргументированность ответов

Семестр 5			
Разделы 5, 6, 9, 10, 12	ОПК-1	Лабораторные работы	Аргументированность ответов
Разделы 5, 6, 9, 10, 11, 12	ОПК-1	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13	ОПК-1	Курсовая работа	Полнота и правильность выполнения задания

**2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>4 семестр</b>				
<i>Промежуточная аттестация в форме «Экзамен»</i>				
1	Лабораторная работа 1	на сессии	10 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
2	Лабораторная работа 2	на сессии	10 баллов	
3	Лабораторная работа 3	на сессии	10 баллов	
4	Лабораторная работа 4	на сессии	10 баллов	
5	РГР	в течение семестра	30 баллов	43-50 – студент владеет знаниями в полном объеме, достаточно глубоко осмысливает выполненную работу; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопросы, связан-



	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				ные с работой; 35-42 – студент владеет знаниями почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок; 27-34 – студент способен решать лишь наиболее легкие задачи, владеет только обязательным минимумом выполнения расчетов; меньше 27 – студент не освоил обязательного минимума знаний, не способен решать задачи.
ИТОГО:			70 баллов	
6	Экзамен	на сессии	70 баллов	100 – студент владеет знаниями в полном объеме, самостоятельно, логически последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; 75 – студент владеет знаниями почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах; 50 – студент владеет только обязательным минимумом знаний по дисциплине; 0 – студент не освоил обязательного минимума знаний, не способен ответить на поставленный вопрос
ИТОГО:			140 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)</p>				
<b>5 семестр</b> <b><i>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</i></b>				
1	Лабораторная работа 5	в течение семестра	10 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений
2	Лабораторная работа 6	в течение семестра	10 баллов	
3	Лабораторная работа 7	в течение семестра	10 баллов	

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
4	Практическое задание 1	в течение семестра	5 баллов	при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
	Практическое задание 1	на сессии	10 баллов	
5	Практическое задание 2	на сессии	10 баллов	
Текущий контроль:			50 баллов	
ИТОГО:			50 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)</p>				

5 семестр Промежуточная аттестация в форме «КР»
<p>По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценка «отлично» выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;</li> <li>- оценка «хорошо» выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;</li> <li>- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;</li> <li>- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлето-</li> </ul>

рительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.

### **3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

##### **РГР**

В РГР рассматриваются физические основы работы полупроводниковых приборов, а также анализируются параметры и характеристики электропреобразовательных полупроводниковых приборов.

**Цель работы:** изучение физических основ функционирования, принципов устройства и работы полупроводниковых диодов и биполярных транзисторов, ознакомление с их характеристиками и параметрами.

Перечень заданий РГР:

- 1) Решить задачи из раздела «Контактные явления».
- 2) Решить задачи из раздела «Полупроводниковые диоды».
- 3) Решить задачи из раздела «Биполярные транзисторы»
- 4) По входным и выходным ВАХ найти  $h$ -параметры транзистора как четырехполюсника для схемы ОЭ.
- 5) Найти физические и  $h$ -параметры транзистора как четырехполюсника для схемы ОЭ, используя  $h$ -параметры для схемы ОБ.
- 6) Рассчитать частотные свойства транзистора

#### **ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

##### *1. Исследование выпрямительных диодов*

- 1) Объясните выпрямляющее действие  $p$ - $n$ -перехода.
- 2) Сравните ВАХ  $p$ - $n$ -перехода и реального выпрямительного диода.
- 3) Чем различаются ВАХ германиевых и кремниевых диодов?
- 4) Влияние температуры и концентрации примесей на ВАХ диода.
- 5) Каковы основные области применения диодов?
- 6) Назовите основные параметры полупроводниковых диодов.

##### *2. Исследование полупроводниковых стабилитронов*

- 1) Назовите основные виды пробоев  $p$ - $n$ -переходов.
- 2) Расскажите; какие физические процессы определяют форму характеристики стабилитрона на разных участках.
- 3) От чего зависит напряжение пробоя?
- 4) Как найти температурный коэффициент напряжения стабилизации? Какой знак он имеет для разных видов пробоя?
- 5) Привести схему включения стабилитрона.

##### *3. Исследование статических характеристик и физических параметров малоомощного транзистора в схеме с ОБ*

- 1) Объясните устройство и принцип действия транзистора.
- 2) Приведите картину распределения неосновных носителей в базе транзистора в

зависимости от режима работы.

- 3) Назовите составляющие токов электродов транзистора.
- 4) Назовите статические параметры транзистора, объясните их физический смысл.
- 5) Какие схемы включения транзисторов существуют?
- 6) Изобразите ВАХ транзистора в схеме с ОБ.
- 7) Охарактеризуйте усилительные и частотные свойства транзистора в схеме с ОБ.

*4. Исследование статических характеристик и физических параметров маломощного транзистора в схеме с ОЭ*

- 1) Как экспериментально определить статические параметры транзистора?
- 2) Изобразите ВАХ транзистора в схеме с ОЭ.
- 3) Охарактеризуйте усилительные и частотные свойства транзистора в схеме с ОЭ.
- 4) Какие существуют системы малосигнальных параметров и в чем преимущества системы  $h$  - параметров?
- 5) Как выглядит Т-образная эквивалентная схема транзистора?

*5. Исследование полевого транзистора с управляющим переходом*

- 1) Объясните принцип управления током в транзисторе.
- 2) Какие параметры характеризуют основные свойства транзисторов? Как они определяются?
- 3) Приведите статические характеристики полевого транзистора.
- 4) Чем принципиально отличается транзистор с изолированным затвором от полевого транзистора с управляющим  $p-n$  - переходом?
- 5) Приведите схему замещения полевого транзистора.
- 6) Сравните частотные свойства полевого и биполярного транзистора.

*6. Исследование тиристора*

- 1) Назовите основные типы тиристоров и объясните принцип их действия.
- 2) Каковы основные параметры тиристоров?
- 3) Какие способы применяют для включения тиристоров и для их выключения?
- 4) Сравните преимущества и недостатки тиристорных и транзисторных ключей.
- 5) Рассмотрите вольт-амперные характеристики тиристора с точки зрения физических процессов, протекающих в структуре типа  $n-p-n-p$ ?
- 6) Что называется пусковой характеристикой и характеристикой управления тиристора?
- 7) Каковы конструктивные особенности тиристоров?

*7. Исследование оптронов*

- 1) Назначение оптронов.
- 2) Классификация оптронов.
- 3) Какой элемент используется в качестве излучающего в оптопарах?
- 4) Как обеспечивается наибольшая передача световой энергии от источника излучения к приемнику?
- 5) Достоинства и недостатки оптронов.
- 6) Изобразите характеристики диодного и транзисторного оптронов, назовите их основные параметры.
- 7) Укажите области применения оптронов.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

*Практическое задание 1. Режимы работы освещаемого  $p-n$ -перехода (фотодиодный режим и режим генерации фото ЭДС). Фотодиоды. Полупроводниковые фотоэлементы.*

Темновая и световые ВАХ р-n-перехода. Фотодиодный режим и режим генерации фото ЭДС. Использование в фотодиодах и солнечных батареях, конструктивные отличия данных приборов. Преимущества фотодиодных датчиков света.

*Практическое задание 2. Возникновение лазерной генерации. Оптический резонатор, моды оптического резонатора, виды потерь световой энергии.*

Усилительные свойства инвертированной рабочей среды. Стимулированные переходы активных центров. Назначение оптического резонатора. Обеспечение положительной обратной связи, выделение направления луча, выделение резонансных частот в пределах линии усиления. Виды потерь световой энергии.

### 3.2 Задания для промежуточной аттестации

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Генерация и рекомбинация носителей в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Уровень Ферми. Зависимость концентраций носителей от температуры. Связь концентраций основных и неосновных носителей.
2. Диффузия и дрейф носителей. Подвижность, коэффициент диффузии, время жизни, диффузионная длина, длина свободного пробега, зависимость от температуры.
3. Полупроводники в сильных электрических полях. Ударная ионизация, туннелирование, рассеяние носителей, междолинный переход электронов.
4. Р-n-переход в равновесном состоянии. Энергетическая диаграмма, ширина и высота потенциального барьера, их зависимость от температуры, концентрации примесей, ширины запрещенной зоны.
5. Р-n-переход в неравновесном состоянии. Энергетическая диаграмма, ширина и высота потенциального барьера, их зависимость от температуры, напряжения.
6. Ёмкости р-n-перехода, их влияние на работу диодов и транзисторов. Вольт - фарадная характеристика р-n-перехода.
7. Виды пробоев р-n-перехода. Зависимость напряжения пробоя от температуры.
8. ВАХ идеального р-n-перехода. Влияние температуры, ширины запрещенной зоны, концентрации легирующих примесей.
9. ВАХ реального диода, отличие от ВАХ идеального р-n-перехода.
10. Контакт полупроводников с одним типом проводимости. Энергетическая диаграмма, свойства, применение.
11. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником, применение.
12. Выпрямительные диоды. ВАХ, применение.
13. Стабилитроны, стабилитроны. ВАХ, применение.
14. Туннельный диод. Принцип работы, ВАХ, применение.
15. Обращенный диод. Принцип работы, ВАХ, применение.
16. Варикапы. Вольт-фарадная характеристика, эквивалентные схемы на низких и высоких частотах.
17. Импульсные и высокочастотные диоды. Временные диаграммы токов, время восстановления обратного сопротивления, методы его уменьшения.
18. Диоды Шоттки. Преимущества по сравнению с диодами на р-n-переходах.
19. Биполярный транзистор. Структура, энергетические диаграммы, токи в электродах.
20. Схема включения транзистора с ОБ. Основные параметры, ВАХ.
21. Схема включения транзистора с ОЭ. Основные параметры, ВАХ.

22. Виды пробоя в транзисторах. Зависимость напряжения лавинного пробоя от схемы включения, параметров внешних цепей.
23. Усилительные свойства транзистора в разных схемах включения. Коэффициенты усиления ( $K_I$ ,  $K_U$ ,  $K_P$ ), входные и выходные сопротивления.
24. Частотные свойства транзисторов в разных схемах включения, сравнение. Дрейфовые и бездрейфовые транзисторы.
25. Работа транзистора на импульсах (ключевой режим работы транзисторов).
26. Предельные режимы работы транзистора по температуре и частоте.

## КУРСОВАЯ РАБОТА

Курсовая работа выполняется в 5 семестре и реализуется в форме практической подготовки

**Тема работы** «Расчет параметров и характеристик приборов твердотельной, оптической и квантовой электроники».

**Цель работы:** изучение физических основ функционирования, принципов устройства и работы полевых транзисторов, тиристоров, термоэлектрических, магнитоэлектрических, оптоэлектронных и квантовых приборов, ознакомление с их характеристиками и параметрами.

### **Исходные данные для выполнения курсовой работы**

1) Рассчитать параметры и характеристики полевых транзисторов, тиристоров, термоэлектрических, магнитоэлектрических полупроводниковых приборов. Для этого изучить физические основы функционирования, принципы устройства и работы полевых транзисторов, тиристоров, термоэлектрических, магнитоэлектрических полупроводниковых приборов, ознакомиться с их характеристиками и параметрами.

2) Рассчитать параметры и характеристики оптоэлектронных и квантовых приборов. Для этого изучить физические основы функционирования, принципы устройства и работы оптоэлектронных и квантовых приборов, ознакомиться с их характеристиками и параметрами.

Задание на курсовую работу представляет собой набор практических задач, результаты решения которых, должны быть изложены в виде расчетно-пояснительной записки. Записка должна содержать исходные задания, решения задач с необходимыми пояснениями, требуемые схемы, а также графический материал, представленный энергетическими и временными диаграммами, графиками и т.д.

В процессе выполнения задания студент прорабатывает теоретический материал, производит необходимые расчеты, строит электрические схемы, вольт-амперные характеристики приборов, энергетические, временные диаграммы и графики.

При прохождении данного этапа студент учится работать с технической литературой, искать решения поставленных инженерных задач, организовывать самостоятельную работу.

Курсовая работа затрагивает основные аспекты теории и методов расчета параметров и характеристик электронных приборов, с которыми придется столкнуться будущему инженеру в процессе работы по специальности.

Основными задачами курсовой работы являются:

- закрепление и более глубокое усвоение теоретических знаний;
- приобретение навыков и освоение методов технического расчета параметров и характеристик электронных приборов;
- развитие навыков самостоятельной работы при выборе методов расчета и творческой инициативы при решении конкретных задач;
- развитие навыков поиска и самостоятельной работы с технической литературой;
- подготовка к освоению будущих дисциплин направления.

