

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Социально-экономический институт

Кафедра общей физики

Рабочая программа дисциплины

включая фонд оценочных средств и методические указания для
самостоятельной работы обучающихся

Б1.О.33– ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов
и производств

Направленность (профиль) – «Системы автоматического управления»

Квалификация - бакалавр

Количество зачётных единиц (часов) – 3 (108)

г. Екатеринбург, 2023

Разработчик: канд. физ-мат. наук, доцент А.В. /А.В.Нефедов /

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры общей физики
(протокол № 5 от «10» 01 2023 года)

Зав. кафедрой М.П. Кашенко /М.П. Кашенко /

Рабочая программа рекомендована к использованию в учебном процессе методической комиссией инженерно-технического института
(протокол № 6 от «02» февраля 2023 года).

Председатель методической комиссии ИТИ А.А. Чижов /А.А. Чижов /

Рабочая программа утверждена директором инженерно-технического института

Директор ИТИ Е.Е. Шишкина /Е.Е. Шишкина /

«03» февраля 2023 года

Оглавление

1. Общие положения	4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	5
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов	6
5.1. Трудоемкость разделов дисциплины.....	6
5.2. Содержание занятий лекционного типа	7
5.3. Темы и формы занятий семинарского типа	8
5.4. Детализация самостоятельной работы	8
6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине	9
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	11
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы	11
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций.....	11
на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	11
7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы	12
7.4 Соответствие шкалы оценок и уровней сформированных компетенций	16
8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся	17
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	18
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	19

1. Общие положения

Дисциплина «Физические основы микроэлектроники» относится к обязательной части учебного плана, входящего в состав образовательной программы высшего образования 15.03.04 «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»

Нормативно-методической базой для разработки рабочей программы учебной дисциплины «Физические основы микроэлектроники» являются:

- Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации", утвержденный приказом Минобрнауки РФ № 273-ФЗ от 29.12.2012;
- Приказ Минобрнауки России № 301 от 05.04.2017 г. Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры.
- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (уровень бакалавриата), утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ № 730 от 09.08.2021;
- Учебный план образовательной программы высшего образования направления 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств (профиль - Системы автоматического управления), подготовки бакалавров по очной, очно-заочной и заочной форме обучения, одобренный Ученым советом УГЛТУ (протокол №3 от 16.03.2023) и утвержденный ректором УГЛТУ (16.03.2023).

Обучение по образовательной программе 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств (профиль - Системы автоматического управления) осуществляется на русском языке.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемыми результатами обучения по дисциплине являются знания, умения, владения и/или опыт деятельности, характеризующие этапы/уровни формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы в целом.

Цель освоения дисциплины

- Ознакомление с основными представлениями квантовой физики и зонной теории твердых тел необходимыми для успешного освоения дисциплины.
- Освоение физических основ микроэлектроники.
- Обучение грамотному и обоснованному применению накопленных в процессе развития фундаментальной физики экспериментальных и теоретических методик при решении прикладных и системных проблем, связанных с профессиональной деятельностью.
- Выработать элементы концептуального, проблемного и творческого подхода к решению задач инженерного и исследовательского характера.

Задачи дисциплины:

- получение знаний об основных физических процессах и явлениях, происходящих в полупроводниках и полупроводниковых структурах;
- ознакомление с основами физики полупроводниковых приборов.
- обобщение знаний студентов для целенаправленного их использования при создании элементов, приборов и устройств микроэлектроники.
- формирование знаний студентов в области современных тенденций развития микроэлектроники.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих общепрофессиональных компетенций:

ОПК-1: Применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные физические явления, определяющие концентрацию и энергетический спектр носителей заряда в твердом теле;
- физические механизмы переноса и рассеяния носителей заряда в полупроводниках;
- физические процессы в полупроводниковых приборах, являющихся элементами микросхем;

уметь:

- проводить оценки основных параметров, характеризующих физические процессы в полупроводниках и полупроводниковых устройствах;
- рассчитывать статические и динамические характеристики полупроводниковых устройств на основе данных, определяющих физические параметры материалов и конструкцию устройства;
- пользоваться монографической, а также периодической научно-технической литературой по физике полупроводников и полупроводниковым приборам;
- оценивать области применимости полупроводниковых приборов;

владеть:

- навыками анализа роли различных физических явлений в технологических и производственных процессах;

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная учебная дисциплина относится к обязательным дисциплинам учебного плана, что позволяет сформировать в процессе обучения у бакалавра основные общепрофессиональные знания и компетенции в рамках выбранного профиля и профессионального стандарта.

Освоение данной дисциплины является необходимой основой для последующего изучения дисциплин ОПОП и написания выпускной квалификационной работы.

Перечень обеспечивающих, сопутствующих и обеспечиваемых дисциплин

Обеспечивающие	Сопутствующие	Обеспечиваемые
Математика; Физика; Химия; Начертательная геометрия; Инженерная графика; Метрология, стандартизация и сертификация; Теоретическая механика; Теплотехника; Гидравлика и гидропневмопривод; Материаловедение. Технология конструкционных материалов; Учебная практика (ознакомительная); Сопро- тивление материалов	Математика в системах управления; Теория механизмов и машин; Де- тали машин; Электро- техника и электроника	Теория автоматического управления; Подготовка к процедуре защиты и за- щита выпускной квали- фикационной работы

Дисциплина связана с предшествующими ей курсами математики и физики. А именно, требует знания разделов: дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, теория вероятностей, уравнения математической физики, электричество и магнетизм, основы квантовой механики и статистической физики. К «входным» знаниям можно отнести также вопросы «Кристаллографии», «Основы зонной теории твердого тела», «Статистика носителей заряда в полупроводниках» и др.

4. Объем дисциплины 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 дисциплины

Вид учебной работы	Всего академических часов		
	очная форма	заочная форма	очно-заочная форма
Контактная работа с преподавателем*:	54,25	10,25	16,25

лекции (Л)	24	4	6
практические занятия (ПЗ)	30	6	10
лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
иные виды контактной работы	0,25	0,25	0,25
Самостоятельная работа обучающихся:	53,75	97,75	91,75
изучение теоретического курса	30	60	60
подготовка к текущему контролю	20	30	25
подготовка к промежуточной аттестации	3,75	7,75	6,75
Вид промежуточной аттестации:	Зачет	Зачет	Зачет
Общая трудоемкость	108		

*Контактная работа обучающихся с преподавателем, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий, включает занятия лекционного типа, и (или) занятия семинарского типа, лабораторные занятия, и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающегося с преподавателем, а также аттестационные испытания промежуточной аттестации. Контактная работа может включать иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую и индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Часы контактной работы определяются Положением об организации и проведении контактной работы при реализации образовательных программ высшего образования, утвержденным Ученым советом УГЛУТ от 25 февраля 2020 года.

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов

5.1. Трудоемкость разделов дисциплины очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Основные понятия квантовой механики и основы зонной теории твердых тел.	6	8	-	14	15
2	Основы физики полупроводников.	6	8	-	14	15
3	Кинетические явления в полупроводниках	6	6	-	12	15
4	Основы физики полупроводниковых приборов.	6	8	-	14	5
Итого по разделам:		24	30	0	54	50
Промежуточная аттестация					0,25	3,75
Всего		108				

Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Основные понятия квантовой механики и основы зонной теории твердых тел.	2	4	-	8	25
2	Основы физики полупроводников.	2	2	-	4	25
3	Кинетические явления в полупроводниках	1	2	-	3	27
4	Основы физики полупроводниковых приборов.	1	2	-	3	8
Итого по разделам:		6	10	0	16,25	91,75
Промежуточная аттестация					0,25	6,75
Всего		108				

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Основные понятия квантовой механики и основы зонной теории твердых тел.	1	2	-	3	25
2	Основы физики полупроводников.	1	2	-	3	25
3	Кинетические явления в полупроводниках	1	1	-	2	30
4	Основы физики полупроводниковых приборов.	1	1	-	2	10
Итого по разделам:		4	6	0	10	90
Промежуточная аттестация					0,25	7,75
Всего					108	

5.2. Содержание занятий лекционного типа

Тема 1. Основные понятия квантовой механики и основы зонной теории твердых тел. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновое уравнение Шредингера, волновая функция, стационарное уравнение Шредингера. Принцип неопределенности Гейзенберга. Момент импульса и спин частицы. Квантовые статистики. Плотность состояний. Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное уравнение (волновая функция электрона в кристалле, теорема Блоха). Зоны Бриллюэна, эффективная масса электрона. Законы дисперсии. Плотность состояний в разрешенных зонах. Функция распределения Ферми- Дирака. Концентрация носителей заряда в зонах. Зонные диаграммы твердых тел. Зонные диаграммы наиболее распространенных полупроводников. Заполнение зон электронами и деление твердых тел на металлы, диэлектрики и полупроводники.

Тема 2. Основы физики полупроводников. Статистика носителей заряда в собственных полупроводниках. Электроны и дырки. Равновесная концентрация носителей заряда, уровень Ферми, закон действующих масс. Зависимость концентрации носителей от температуры. Вырожденные и невырожденные полупроводники.

Примесные уровни и примесная проводимость полупроводников, энергия активации. Статистика носителей заряда в примесных полупроводниках, положение уровня Ферми и температурная зависимость концентрации носителей в примесных полупроводниках.

Тема 3. Кинетические явления в полупроводниках. Классическая теория электропроводности твердых тел, ее недостатки. Кинетическое уравнение Больцмана, влияние электрического поля на функцию распределения носителей заряда. Электропроводность полупроводников. Дрейфовая скорость. Подвижность носителей заряда. Механизмы рассеяния носителей заряда, электрон-фононное рассеяние, рассеяние на дефектах кристаллической решетки. Температурная зависимость подвижности носителей заряда в полупроводниках. Процессы переноса носителей заряда в полукристаллическом полупроводнике. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Термоэлектрические явления. Теплопроводность полупроводников. Термомагнитные эффекты. Гальваномагнитные эффекты. Полупроводники в сильном электрическом поле, электрические домены, эффект Ганна.

Тема 4. Основы физики полупроводниковых приборов. Равновесное состояние р- п- перехода. Природа токов через р-п- переход в равновесном состоянии. Энергетическая диаграмма р-п перехода в равновесном состоянии. Прямое и обратное включение р-п- перехода. Омические переходы п-п⁺, р-р⁺. Классификация приборов на р-п- переходе. Явления с участием неравновесных носителей заряда. Квазиуровни Ферми. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда, время жизни неравновесных носителей. Механизмы рекомбинации, излучательная и безызлучательная рекомбинация. Межзонная

рекомбинация. Рекомбинация через уровни примесей и дефектов, поверхностная рекомбинация. Оже- рекомбинация. Диффузия неравновесных носителей заряда, диффузионная длина. Полупроводниковые излучатели: светодиоды и полупроводниковые лазеры. Внутренний фотоэффект, фотопроводимость, фото-ЭДС. Полупроводниковые фотоприёмники: фотосопротивления и фотодиоды. Солнечные элементы.

5.3. Темы и формы занятий семинарского типа

Учебный планом по дисциплине предусмотрены лабораторные и практические занятия

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма проведения занятия	Трудоемкость, час		
			очная	заочная	очно-заочная
1	Тема 1. Основные понятия квантовой механики и основы зонной теории твердых тел. Занятие 1. Одноэлектронное уравнение (волновая функция электрона в кристалле, теорема Блоха). Зоны Бриллюэна, эффективная масса электрона. Законы дисперсии. Занятие 2. Изоэнергетические поверхности. Плотность состояний в разрешенных зонах. Функция распределения Ферми- Дирака. Концентрация носителей заряда в зонах	Решение задач	8	2	4
2	Тема 2. Основы физики полупроводников. Занятие 3. Примесные уровни и примесная проводимость полупроводников, энергия активации. Занятие 4. Статистика носителей заряда в примесных полупроводниках, положение уровня Ферми и температурная зависимость концентрации носителей в примесных полупроводниках.	Решение задач	8	2	2
3	Тема 3. Кинетические явления в полупроводниках. Занятие 5. Процессы переноса носителей заряда в полукристаллическом полупроводнике. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Термоэлектрические явления. Теплопроводность полупроводников	Решение задач	6	1	2
4	Тема 4. Основы физики полупроводниковых приборов. Занятие 7. Явления с участием неравновесных носителей заряда. Квазиуровни Ферми. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда, время жизни неравновесных носителей. Механизмы рекомбинации, излучательная и безызлучательная рекомбинация.	Решение задач	8	1	2
Итого:			30	6	10

5.4 Детализация самостоятельной работы

Самостоятельная работа включает:

- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе) и подготовка докладов на практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение рефератов;
- работу с тестами и вопросами для самопроверки.

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, час		
			очная	заочная	очно-заочная
1	Тема 1. Основные понятия квантовой механики и основы зонной теории твердых тел.	Подготовка к практическим занятиям, решение задач по теме.	15	25	25

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, час		
			очная	заочная	очно-заочная
	<p>Занятие 1. Одноэлектронное уравнение (волновая функция электрона в кристалле, теорема Блоха). Зоны Бриллюэна, эффективная масса электрона. Законы дисперсии.</p> <p>Занятие 2. Изоэнергетические поверхности. Плотность состояний в разрешенных зонах. Функция распределения Ферми- Дирака. Концентрация носителей заряда в зонах</p>	Подготовка к тестовому контролю.			
2	<p>Тема 2. Основы физики полупроводников.</p> <p>Занятие 3. Примесные уровни и примесная проводимость полупроводников, энергия активации.</p> <p>Занятие 4. Статистика носителей заряда в примесных полупроводниках, положение уровня Ферми и температурная зависимость концентрации носителей в примесных полупроводниках.</p>	Подготовка к практическим занятиям, решение задач по теме. Подготовка к тестовому контролю.	15	25	25
3	<p>Тема 3. Кинетические явления в полупроводниках.</p> <p>Занятие 5. Процессы переноса носителей заряда в полукристаллическом полупроводнике. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Термоэлектрические явления. Теплопроводность полупроводников</p>	Подготовка к практическим занятиям, решение задач по теме. Подготовка к тестовому контролю.	15	30	27
4	<p>Тема 4. Основы физики полупроводниковых приборов.</p> <p>Занятие 7. Явления с участием неравновесных носителей заряда. Квазиуровни Ферми. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда, время жизни неравновесных носителей. Механизмы рекомбинации, излучательная и безызлучательная рекомбинация.</p>	Разбор теоретического материала. Подготовка к тестовому контролю.	5	10	8
Подготовка к промежуточной аттестации			3,75	7,75	6,75
Итого:			53,75	97,75	91,75

6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине
Основная и дополнительная литература

№	Автор, наименование	Год издания	Примечание
Основная литература			
1	Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко; науч. ред. Л.А. Алешина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Техносфера, 2012. – 560 с. – (Мир физики и техники). – Режим доступа: по подписке. –	2012	Полнотекстовый доступ при

№	Автор, наименование	Год издания	Примечание
	URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466 – ISBN 978-5-94836-327-1. – Текст: электронный.		входе по логину и паролю*
2	Смирнов, Ю.А. Физические основы электроники : учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 560 с. — ISBN 978-5-8114-1369-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/5856 — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2013	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
<i>Дополнительная литература</i>			
3	Краснопевцев, Е.А. Квантовая механика в приложениях к физике твердого тела: учебное пособие / Е.А. Краснопевцев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. – 355 с.: граф., ил. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435995 – Библиогр.: с. 351-352. – ISBN 978-5-7782-1464-4. – Текст: электронный.	2010	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
4	Попов, В.Д. Физические основы проектирования кремниевых цифровых интегральных микросхем в монолитном и гибридном исполнении: учебное пособие / В.Д. Попов, Г.Ф. Белова. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1375-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/5850 — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2013	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
5	Пикус Г.Е. Основы теории полупроводниковых приборов: Учеб. руководство. - М., Наука	2000	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
6	Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учеб. руководство.- М., ВШ	1990	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
7	Гаман В.Н. Физика полупроводниковых приборов Учеб. руководство.- Томск, Из-во НТЛ	2000	426 с.
8	Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учеб. руководство.- М., Сов.радио.	1980	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
9	Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М. Основы фотоэлектричества. -М.: ГНУ ВИЭСХ	2007	292 с.
10	Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ. Под. ред. А.Э. Юновича. - 2-е изд. -М.: Физмат- лит	2008	496 с.
11	Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела: Учеб. - 3-е изд., стер. - М.: Высш. шк	2000	494 с.

*- прежде чем пройти по ссылке, необходимо войти в систему

Функционирование электронной информационно-образовательной среды обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий.

Электронные библиотечные системы

Каждый обучающийся обеспечен доступом к электронно-библиотечной системе УГЛТУ (<http://lib.usfeu.ru/>), ЭБС Издательства Лань <http://e.lanbook.com/> ЭБС Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru/>, содержащих издания по основным изучаемым дисциплинам и сформированных по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

- ЭБС Издательства Лань <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Университетская библиотека онлайн http://biblioclub.ru
- Электронная база периодических изданий ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
- Электронный архив УГЛТУ(<http://lib.usfeu.ru/>).

Справочные и информационные системы

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
2. Информационно-правовой портал Гарант. Режим доступа: <http://www.garant.ru/>
3. База данных Scopus компании Elsevier B.V. <https://www.scopus.com/>
4. Информационная система «ТЕХНОРМАТИВ» - (<https://www.technormativ.ru/>)
5. «Техэксперт» - профессиональные справочные системы – (<http://техэксперт.рус/>);

Профессиональные базы данных

1. Научная электронная библиотека eLibrary. Режим доступа: <http://elibrary.ru/> .
2. Экономический портал (<https://instituciones.com/>);
3. Информационная система РБК (<https://ekb.rbc.ru/>);
4. Государственная система правовой информации (<http://pravo.gov.ru/>);
5. База данных «Единая система конструкторской документации» - (<http://eskd.ru/>) ;
6. База стандартов и нормативов – (<http://www.tehlit.ru/list.htm>);

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

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

Формируемые компетенции	Вид и форма контроля
ОПК-1: Применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.	Промежуточный контроль: зачет по билетам Текущий контроль: опрос, тестирование

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

Критерии оценивания устного ответа на контрольные вопросы зачета (промежуточный контроль формирования компетенций ОПК-1):

зачтено – дан полный или частично полный ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы; допускаются незначительные ошибки или недочеты, исправленные бакалавром с помощью «наводящих» вопросов;

не зачтено – бакалавр демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

Критерии оценивания устного ответа на контрольные вопросы опроса (текущий контроль формирования компетенций ОПК-1):

Отлично - работа выполнена в срок; оформление и содержательная часть отчета образцовые; работа выполнена самостоятельно; присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Обучающийся правильно ответил на все вопросы при сдаче коллоквиума и защите отчета.

Хорошо - работа выполнена в срок; в оформлении отчета и его содержательной части нет грубых ошибок; работа выполнена самостоятельно; присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Обучающийся при сдаче коллоквиума и защите отчета правильно ответил на все вопросы с помощью преподавателя.

Удовлетворительно - работа выполнена с нарушением графика; в оформлении, содержательной части отчета есть недостатки; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения. Обучающийся при сдаче коллоквиума и защите отчета ответил не на все вопросы.

Неудовлетворительно - оформление отчета не соответствует требованиям; отсутствуют или сделаны неправильные выводы и обобщения. Обучающийся не ответил на вопросы коллоквиума и не смог защитить отчет.

Критерии оценивания выполнения заданий в тестовой форме (текущий контроль формирования компетенций ОПК-1):

По итогам выполнения тестовых заданий оценка производится по четырехбалльной шкале. При правильных ответах на:

86-100% заданий – оценка «*отлично*»;

71-85% заданий – оценка «*хорошо*»;

51-70% заданий – оценка «*удовлетворительно*»;

менее 51% - оценка «*неудовлетворительно*».

Критерии оценивания выполнения лабораторных работ (текущий контроль формирования компетенций ОПК-1):

Отлично - учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

Хорошо - учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей, но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

Удовлетворительно - работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Неудовлетворительно - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

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

Контрольные вопросы к зачету (промежуточный контроль)

- Что такое разрешенные и запрещенные энергетические зоны?
- Что такое уровень Ферми?
- Как влияет концентрация примеси на положение уровня Ферми?

- Что такое собственная электропроводность полупроводника?
- Что такое диффузия и дрейф носителей заряда?
- Как объяснить температурную зависимость концентрации носителей заряда в полупроводнике?
- Что такое примесная электропроводность полупроводника?
- Поясните механизм образования электронно-дырочного перехода.
- Что такое инжекция и экстракция носителей заряда?
- Как влияет внешнее напряжение на высоту потенциального барьера и ширину $p-n$ -перехода.
- Нарисуйте вольт-амперную характеристику $p-n$ -перехода и напишите ее уравнение.
- Объясните механизм лавинного пробоя.
- При каких условиях в $p-n$ -переходе возможен туннельный пробой?
- Что такое барьерная ёмкость $p-n$ -перехода?
- Что такое диффузионная ёмкость?
- Почему электрический переход между двумя одинаковыми полупроводниками с одним типом электропроводности, но с разной концентрацией примесей, является омическим и не инжектирующим носители заряда в высокоомную область?
- При каких условиях контакт «металл – полупроводник» будет невыпрямляющим?
- При каких условиях контакт «металл – полупроводник» будет выпрямляющим?
- В чем состоят особенности гетероперехода?
- Каким требованиям должны удовлетворять омические переходы?
- Что называется полупроводниковым диодом?
- Какая область полупроводникового диода называется эмиттером?
- Какая область полупроводникового диода называется базой?
- Напишите уравнение вольт-амперной характеристики полупроводникового диода?
- Как влияет повышение температуры на прямую ветвь вольт-амперной характеристики полупроводникового диода?
- Перечислите и объясните отличия в свойствах и параметрах кремниевых и германиевых выпрямительных диодов.
- Какие процессы происходят в базе диода в импульсном режиме работы?
- Что такое стабилитрон?
- Что такое туннельный диод?
- Что такое обращенный диод?
- Почему в варикапах используется только барьерная ёмкость и не используется диффузионная ёмкость?
- Что такое выпрямитель?
- Поясните принцип действия однофазного однополупериодного выпрямителя.
- Поясните принцип действия однофазного двухполупериодного выпрямителя со средней точкой.
- Поясните принцип действия однофазного мостового выпрямителя.
- Что такое стабилизатор напряжения?
- Охарактеризуйте режимы работы биполярного транзистора.
- Каким образом в транзисторе происходит усиление электрических колебаний по мощности?
- Охарактеризуйте схемы включения биполярного транзистора.
- Нарисуйте и объясните семейство выходных характеристик транзистора в схеме с общей базой.
- Нарисуйте и объясните семейство выходных характеристик транзистора в схеме с общим эмиттером.

- Как влияет температура на характеристики транзистора?
- Поясните, как определяются h -параметры по характеристикам транзистора?
- Какие существуют эквивалентные схемы транзистора?
- Охарактеризуйте режимы работы усилительных каскадов.
- Нарисуйте и объясните временные диаграммы работы транзистора в ключевом режиме.
- Чем ограничивается быстродействие транзистора при работе в ключевом режиме?
- Что такое динамические потери при работе транзистора в ключевом режиме?
- Что представляет собой дифференциальный каскад усиления?
- Что такое составной транзистор?
- Что такое внешний и внутренний фотоэффект?
- 2. Какими параметрами характеризуется фоторезистор?
- Какие физические факторы влияют на световую характеристику фоторезистора при больших световых потоках?
- Каковы отличия в свойствах фотодиода и фоторезистора?
- Как в фотоэлементе происходит непосредственное преобразование световой энергии в электрическую?
- Каковы отличия в принципе действия и свойствах фотодиода и биполярного фототранзистора?

Темы рефератов (промежуточный контроль)

- Применение кремния в микроэлектронной аппаратуре
- Поверхностные явления в полупроводниках и их влияние на свойства полупроводниковых приборов.
 - Сверхпроводящие материалы. Высокотемпературная сверхпроводимость.
 - Диэлектрические свойства оксидных пленок, используемых в элементах РЭА (на примере пленок оксидов тантала и ниобия)
 - Электрические свойства и применение полимерных пленок
 - Сегнетоэлектрические материалы, их свойства и применение.
 - Влияние химического состава материала, примесей, физических и механических воздействий на его магнитные свойства.
 - Физико-химические свойства и применение ферритов.
 - Основные физико-химические факторы, влияющие на емкостные характеристики диода Шоттки.
 - Основные физико-химические факторы, влияющие на вольт-амперную характеристику диода Шоттки.
 - Лавинно-пролетные диоды: принцип действия, особенности технологии получения, конструкции.
 - Свето- и фотодиоды. Особенности конструкции, физические принципы функционирования.
 - СВЧ-транзисторы: конструкции, высокочастотные характеристики, частота отсечки.
 - Устройство, принцип действия и выходные характеристики биполярных транзисторов.
 - Туннельные диоды: принцип действия, технология изготовления, вольт-амперная характеристика.
 - Структуры металл-диэлектрик-полупроводник и полевые транзисторы на их основе.
 - Р-п переход на аморфном кремнии и его использование в устройствах памяти, электрофотографии и трубках для передачи изображения.
 - Полевые транзисторы на аморфном кремнии. Конструкции, характеристики и

применение в жидкокристаллических дисплеях, логических устройствах и датчиках изображения.

- Эффект междолинного перехода электронов на примере арсенида галлия и фосфида индия (Эффект Ганна).
 - Вентильный эффект в конденсаторных структурах с оксидным диэлектриком.
- Физико-химические причины униполярности электропроводности.

Задания в тестовой форме (текущий контроль)

Тестовые задания (фрагмент) к разделу «Основные понятия квантовой механики и основы зонной теории твердых тел»

1. Расположить в порядке возрастания работы выхода в собственном (Φ_1), электронном (Φ_2) и дырочном (Φ_3) полупроводниках
 - а) $\Phi_1 > \Phi_2 > \Phi_3$;
 - б) $\Phi_2 > \Phi_3 > \Phi_1$;
 - в) $\Phi_1 > \Phi_3 > \Phi_2$;
 - г) $\Phi_3 > \Phi_2 > \Phi_1$.
2. Где располагается уровень Ферми в невырожденном дырочном полупроводнике?
 - а) посередине запрещенной зоны;
 - б) в валентной зоне;
 - в) в запрещенной зоне у потолка валентной зоны;
 - г) в запрещенной зоне у пола валентной зоны.
3. К чему стремится уровень Ферми в дырочном полупроводнике с ростом температуры?
 - а) к потолку валентной зоны;
 - б) к дну запрещенной зоны;
 - в) к середине запрещенной зоны.
4. Как изменится вероятность нахождения электрона на энергетическом уровне E , меньше энергии Ферми, при увеличении температуры?
 - а) уменьшится;
 - б) увеличится;
 - г) не изменится.

Задания в тестовой форме (текущий контроль)

Тестовые задания (фрагмент) к разделу «Кинетические явления в полупроводниках»

1. Как изменится удельное сопротивление собственного полупроводника с ростом температуры?
 - а) увеличится;
 - б) уменьшится;
 - в) не изменится.
2. От чего зависит электропроводимость примесных полупроводников при постоянной (300 К) температуре?
 - а) от концентрации примеси;
 - б) от полярности приложенного напряжения;
 - в) от ширины запрещенной зоны;
 - г) от валентности примеси.
3. Какой проводник имеет большее удельное электрическое сопротивление?
 - а) примесный p-типа;
 - б) примесный n –типа;
 - в) компенсированный;
 - г) собственный.
4. Чем определяется собственная концентрация носителей заряда при постоянной температуре?
 - а) шириной запрещенной зоны;
 - б) типом проводимости;

в) положением уровня Ферми.

Задания в тестовой форме (текущий контроль)

Тестовые задания (фрагмент) к разделу «Основы физики полупроводниковых приборов»

- Какие процессы определяют параметр время релаксации:
 - рассеивание на ионизированных примесях;
 - рассеивание на колебаниях решетки;
 - захват на ловушечные центры.
- Дрейфовая скорость носителей заряда, определяемая формулой $V_d = m^*E$ в области сильных полей перестает зависеть от напряженности электрического поля. Какой механизм рассеивания носителей заряда при этом является преобладающим:
 - рассеивание на ионизированных примесях;
 - рассеивание на акустических фононах;
 - рассеивание на оптических фононах.
- Назовите, какие из нижеприведенных определений времени жизни являются правильными:
 - время жизни – среднее время между двумя соседними столкновениями;
 - время жизни – время, в течении которого неравновесная концентрация носителей уменьшается в "e" раз;
 - время жизни – время нахождения носителей заряда в свободном состоянии, электрона в зоне проводимости, а дырки в валентной зоне.
- Известны следующие механизмы оптического поглощения:
 - поглощение на свободных носителях;
 - примесное поглощение;
 - собственное или фундаментальное поглощение.

7.4 Соответствие шкалы оценок и уровней сформированных компетенций

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
Высокий	зачтено	Обучающийся демонстрирует полное понимание проблемы, умение систематизировать, структурировать и аргументировать материал, обосновывать свою точку зрения. Обучающийся способен самостоятельно проводить оценки основных параметров, характеризующих физические процессы в полупроводниках и полупроводниковых устройствах, рассчитывать статические и динамические характеристики полупроводниковых устройств на основе данных, определяющих физические параметры материалов и конструкцию устройства, пользоваться монографической, а также периодической научно-технической литературой по физике полупроводников и полупроводниковым приборам и оценивать области применимости полупроводниковых приборов. Знает основные физические явления, определяющие концентрацию и энергетический спектр носителей заряда в твердом теле, физические механизмы переноса и рассеяния носителей заряда в полупроводниках и физические процессы в полупроводниковых приборах, являющихся элементами микросхем. Владеет навыками анализа роли различных физических явлений в технологических и производственных процессах.
Базовый	зачтено	Обучающийся демонстрирует частичное понимание проблемы, некоторые знания и практические навыки по дисциплине. Обучающийся на среднем уровне обладает способностью самостоятельно проводить оценки основных параметров, характеризующих физические процессы в полупроводниках и полупроводниковых устройствах, рассчитывать статические и динамические характеристики полупроводниковых устройств на основе данных, определяющих физические параметры материалов и конструкцию устройства, пользо-

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
		ваться монографической, а также периодической научно-технической литературой по физике полупроводников и полупроводниковым приборам и оценивать области применимости полупроводниковых приборов. Знает основные физические явления, определяющие концентрацию и энергетический спектр носителей заряда в твердом теле, физические механизмы переноса и рассеяния носителей заряда в полупроводниках и физические процессы в полупроводниковых приборах, являющихся элементами микросхем. Частично владеет навыками анализа роли различных физических явлений в технологических и производственных процессах.
Пороговый	зачтено	Обучающийся демонстрирует частичное понимание проблемы, отрывочные знания и навыки по дисциплине. Обучающийся способен под руководством самостоятельно проводить оценки основных параметров, характеризующих физические процессы в полупроводниках и полупроводниковых устройствах, рассчитывать статические и динамические характеристики полупроводниковых устройств на основе данных, определяющих физические параметры материалов и конструкцию устройства, пользоваться монографической, а также периодической научно-технической литературой по физике полупроводников и полупроводниковым приборам и оценивать области применимости полупроводниковых приборов. Частично знает основные физические явления, определяющие концентрацию и энергетический спектр носителей заряда в твердом теле, физические механизмы переноса и рассеяния носителей заряда в полупроводниках и физические процессы в полупроводниковых приборах, являющихся элементами микросхем. Почти не владеет навыками анализа роли различных физических явлений в технологических и производственных процессах.
Низкий	не зачтено	Обучающийся демонстрирует отсутствие систематических знаний и навыков по дисциплине. Однако некоторые элементарные знания по основным вопросам изучаемой дисциплины присутствуют. Обучающийся не обладает способностью проводить оценки основных параметров, характеризующих физические процессы в полупроводниках и полупроводниковых устройствах, рассчитывать статические и динамические характеристики полупроводниковых устройств на основе данных, определяющих физические параметры материалов и конструкцию устройства, пользоваться монографической, а также периодической научно-технической литературой по физике полупроводников и полупроводниковым приборам и оценивать области применимости полупроводниковых приборов. Не знает основные физические явления, определяющие концентрацию и энергетический спектр носителей заряда в твердом теле, физические механизмы переноса и рассеяния носителей заряда в полупроводниках и физические процессы в полупроводниковых приборах, являющихся элементами микросхем. Не владеет навыками анализа роли различных физических явлений в технологических и производственных процессах.

8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа способствует закреплению навыков работы с учебной и научной литературой, осмыслению и закреплению теоретического материала по умению аргументировано предлагать физические модели процессов, включая обоснованный выбор метода и аппаратного оформления технологического процесса, позволяющие максимально быстро и эффективно решить поставленную инженерную задачу.

Самостоятельная работа выполняется во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль в контроле за работой студентов).

Формы самостоятельной работы бакалавров разнообразны. Они включают в себя:

– изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации;

– создание презентаций и докладов по условию задания.

В процессе изучения дисциплины «Физика» *основными видами самостоятельной работы* являются:

– подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и лабораторным занятиям) и выполнение соответствующих заданий;

– самостоятельная работа над отдельными темами учебной дисциплины в соответствии с учебно-тематическим планом;

– выполнение тестовых заданий;

– подготовка к зачету.

Самостоятельное выполнение *тестовых заданий* по всем разделам дисциплины сформированы в фонде оценочных средств (ФОС)

Данные тесты могут использоваться:

– бакалаврами при подготовке к экзамену в форме самопроверки знаний;

– преподавателями для проверки знаний в качестве формы промежуточного контроля на лабораторных и лекционных занятиях;

– для проверки остаточных знаний бакалавров, изучивших данный курс.

Тестовые задания рассчитаны на самостоятельную работу без использования вспомогательных материалов. То есть при их выполнении не следует пользоваться учебной и другими видами литературы.

Для выполнения тестового задания, прежде всего, следует внимательно прочитать поставленный вопрос. После ознакомления с вопросом следует приступить к прочтению предлагаемых вариантов ответа. Необходимо прочитать все варианты и в качестве ответа следует выбрать индекс (цифровое обозначение), соответствующий правильному ответу.

На выполнение теста отводится ограниченное время. Оно может варьироваться в зависимости от уровня тестируемых, сложности и объема теста. Как правило, время выполнения тестового задания определяется из расчета 60 секунд на один вопрос.

Содержание тестов по дисциплине ориентировано на подготовку бакалавров по основным вопросам курса. Уровень выполнения теста позволяет преподавателям судить о ходе самостоятельной работы бакалавров в межсессионный период и о степени их подготовки к экзамену.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для успешного овладения дисциплиной используются следующие информационные технологии обучения:

- При проведении лекций используются презентации материала в программе Microsoft Office (PowerPoint).

- Практические занятия по дисциплине проводятся с применением необходимого методического материала (методические указания, справочники, нормативы и т.п.)

- Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специализированной лаборатории «Механики и молекулярной физики»

На практических занятиях студенты отрабатывают навыки решения физических задач с обоснованием выбора физической модели.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся с использованием различного лабораторного оборудования, а также на лабораторных стендах-установках. На занятии обучающийся знакомится с физическими методами анализа, работой и устройством лабораторного оборудования, используемого при решении физических задач, учится

проводить эксперименты, строить физические модели, проводить расчеты и делать оценку погрешностей.

В процессе изучения дисциплины учебными целями являются восприятие учебной информации о физических основах и принципах лабораторной работы, ее усвоение, запоминание, а также структурирование полученных знаний и развитие интеллектуальных умений, ориентированных на способы деятельности репродуктивного характера. Посредством использования этих интеллектуальных умений достигаются узнавание ранее усвоенного материала в новых ситуациях, применение абстрактного знания в конкретных ситуациях.

Для достижения этих целей используются в основном традиционные информативно-развивающие технологии обучения с учетом различного сочетания пассивных форм (лекция, лабораторное и практическое занятие, консультация, самостоятельная работа) и репродуктивных методов обучения (повествовательное изложение учебной информации, объяснительно-иллюстративное изложение) и лабораторно-практических методов обучения.

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения:

- офисный пакет приложений Microsoft Office;
- программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»;

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Реализация учебного процесса осуществляется в специальных учебных аудиториях университета для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, лабораторных работ групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Все аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. При необходимости обучающимся предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.

Самостоятельная работа обучающихся выполняется в специализированной аудитории, которая оборудована учебной мебелью, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду УГЛУ.

Есть помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Требования к аудиториям

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
<i>Помещение для лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации.</i>	Переносная мультимедийная установка (проектор, экран, ноутбук). комплект электронных учебно-наглядных материалов (презентаций) на флеш-носителях, обеспечивающих тематические иллюстрации.
<i>Помещения для самостоятельной работы</i>	Столы, стулья, экран, проектор. Рабочие места студентов, оснащены компьютерами с выходом в сеть Интернет и электронную информационную образовательную среду.
<i>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</i>	Расходные материалы для ремонта и обслуживания техники. Места для хранения оборудования

