

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кубанский государственный университет»

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,
качеству образования,
первый проректор

_____ Т.А. Хагуров
« ____ » _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.17 ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) «Нанотехнологии в электронике»

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины «Физические основы электроники» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки (профиль) 03.03.03 «Радиофизика».

Программу составил

Г.Ф. Копытов, профессор, доктор ф.-м. наук

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры (выпускающей) радиофизики и нанотехнологий Протокол № 6 от 20 апреля 2020 года.

Заведующий кафедрой (выпускающей)

Г.Ф. Копытов, профессор, доктор ф.-м. наук

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) радиофизики и нанотехнологий Протокол № 6 от 20 апреля 2020 года.

Заведующий кафедрой (выпускающей)

Г.Ф. Копытов, профессор, доктор ф.-м. наук

Заведующий кафедрой (разработчика)

Г.Ф. Копытов, профессор, доктор ф.-м. наук

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 9 от 20 апреля 2020 года.

Председатель УМК физико-технического факультета

Н.М. Богатов, профессор, доктор ф.-м. наук

Рецензент:

Ю.С. Медведев, доктор тех. наук, профессор, заведующий 103 кафедрой математики и информатики Краснодарского высшего военного авиационного училища летчиков им. Героя Советского Союза А.К. Серова

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Учебная дисциплина «Физические основы электроники» ставит своей целью дать студентам знания принципов работы, теории и методов расчета активных электронных устройств, развить у студентов навыки самостоятельной разработки и применения электронных приборов всех типов, показать роль физических основ электроники в развитии электронных приборов.

1.2 Задачи дисциплины

Основные задачи освоения дисциплины:

- освоить современную элементную базу, необходимую для разработки устройств генерации, усиления и преобразования НЧ и СВЧ – колебаний.
- вести студентов в курс современных достижений в области электронных приборов, на основе новых физических эффектов в электронике твердого тела.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Физические основы электроники» входит в базовую часть цикла общепрофессиональных дисциплин базового учебного плана по направлению подготовки бакалавриата 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

Для успешного изучения дисциплины необходимо знание основ линейной алгебры, математического анализа, теории обыкновенных дифференциальных уравнений, теории функций комплексной переменной и общий курс физики в объеме курсов университета.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся *общепрофессиональных компетенций (ОПК)*:

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	функциональные назначения изучаемых приборов, условные графические обозначения изучаемых приборов, схемы включения и режимы работы электронных приборов, преимущества интегральных схем	объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства, пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов	навыками работы с контрольно-измерительной аппаратурой

2.	ОПК-3	способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них, вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения, физический смысл дифференциальных, частотных и импульсных параметров приборов, основы технологии создания интегральных схем, микросхемотехнику и принцип работы базовых каскадов аналоговых и ячеек цифровых схем	определять дифференциальные параметры по статическим характеристикам, производить пересчет значений параметров, определять тип прибора и схему его включения, объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на электрические параметры и частотные свойства базовых каскадов аналоговых схем и переходные процессы в базовых ячейках цифровых схем, выбирать на практике оптимальные режимы работы изучаемых схем	навыками компьютерного исследования приборов по их электрическим моделям, навыками расчета базовых каскадов аналоговых и ячеек цифровых схем
3	ОПК-8	способностью использовать нормативные документы в своей деятельности	техническую документацию и нормативные документы используемых приборов	применять на практике электронные приборы согласно технической документации и инструкциям к использованию	методами поиска нормативных документов и технической документации

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)	
		7	
Контактная работа, в том числе:	68,3	68,3	
Аудиторные занятия (всего):	64	64	
Занятия лекционного типа	32	32	

Лабораторные занятия		32	32	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		–	–	
Иная контактная работа:		4,3	4,3	
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4	
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3	
Самостоятельная работа, в том числе:		40	40	
Проработка учебного (теоретического) материала		20	20	
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		8	8	
Реферат		7	7	
Подготовка к текущему контролю		5	5	
Контроль:		35,7	35,7	
Подготовка к зачету		35,7	35,7	
Общая трудоемкость	час.	144	144	
	в том числе контактная работа	68,3	68,3	
	зач. ед.	4	4	

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 7 семестре (очная форма)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1.	Физические основы работы твердотельных приборов	26	8	-	8	10
2.	Полупроводниковые приборы	26	8	-	8	10
3.	Катодная электроника	26	8	-	8	10
4.	Гетеропереходы и устройства на них	26	8	-	8	10
	Итого по дисциплине:	104	32	-	32	40

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Физические основы работы твердотельных приборов	Элементы зонной теории. Типы связей. Дефекты кристаллов. Собственные и примесные полупроводники. Зонные диаграммы. Генерация и рекомбинация. Равновесная концентрация. Распределение по энергиям. Влияние поверхн. состояний. Контактная разность потенциалов. Работа выхода р-п-перехода. Контакты п/п, м/п. Диффузия. Дрейфовые токи в р-п-переходах. Математическая модель электронно-дырочного перехода. Инерционные свойства р-п-переходов. Барьерная и диффузионная емкости.	Защита лабораторной работы, написание реферата, рубежный контроль
2.	Полупроводниковые приборы	Туннельный эффект. Туннельные диоды. Ударная ионизация. ЛПД. Эффект Ганна. Диоды Ганна. Гальваномагнитный эффект Холла. Термоэлектр. явления в п/п. Эффекты Пельтье, Зеебека, Томсона.	Защита лабораторной работы, написание реферата, рубежный контроль
3.	Катодная электроника	Катодная электроника. Термоэлектронная эмиссия. Вторичная электронная эмиссия. Холодная электронная эмиссия. Понятие о плазме и электрическом разряде в газах.	Защита лабораторной работы, написание реферата, рубежный контроль
4.	Гетеропереходы и устройства на них	Гетеропереходы. Полезные свойства гетеропереходов. Прямозонные и непрямозонные п/п. Варакторные диоды, р-і-п-диоды, транзисторы.	Защита лабораторной работы, написание реферата.

2.3.2 Занятия семинарского типа

По дисциплине «Физические основы электроники» семинарские занятия не планируются.

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Физические основы работы твердотельных приборов	Лабораторная работа № 1 Изучение схемы учебной установки Лабораторная работа № 2 Исследование усилителя мощности радиочастоты	Защита ЛР
2.	Полупроводников	Лабораторная работа № 3 Исследование умножителя частоты	Защита ЛР

	ые приборы	Лабораторная работа № 4 Исследование нестабильности частоты автогенератора	
3.	Катодная электроника	Лабораторная работа № 5 Исследование амплитудной модуляции Лабораторная работа № 6 Исследование характеристик п/п выпрямительного диода	Защита ЛР
4.	Гетеропереходы и устройства на них	Лабораторная работа № 7 Исследование характеристик п/п фотодиода Лабораторная работа № 8 Исследование характеристик СВЧ п/п детекторного диода	Защита ЛР

ЛР – защита лабораторных работ.

Лабораторные работы выполняются в НОЦ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» Кубанского государственного университета.

В результате выполнения лабораторных работ у студентов формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля «Нанотехнологии в электронике» компетенции – ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Проработка теоретического материала	Шалимова К.В. Физика полупроводников. Учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2010. – 392 с.
2.	Подготовка к защите лабораторных работ	Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника. Учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Н.Д. Федорова. – М.: Радио и связь, 2002. – 560 с.
3.	Реферат	Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника. Учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Н.Д. Федорова. – М.: Радио и связь, 2002. – 560 с.
4.	Подготовка презентации по теме реферата	Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы: Учеб. пособие для студентов вузов. – СПб.: Лань, 1991, - 351 с.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3 Образовательные технологии

Для проведения большей части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержания, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемой профессии, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций. Большая часть лекций и практические занятия проводятся с использованием доски и справочных материалов.

По дисциплине проводятся двухчасовые лекционно-практические занятия. При этом в каждом модуле проводятся практические занятия, посвященные решению типовых задач по расчету основных характеристик и параметров анализируемых электромагнитных полей и электродинамических структур.

Лабораторные занятия выполняются фронтальным методом в обучающей лаборатории типа информационной среды. Она позволяет проводить в диалоге с компьютером контроль знаний студента, а также полуавтоматические физические эксперименты и экранные вычислительные эксперименты.

Это знакомит студентов с современными методами проведения физических и вычислительных экспериментов; позволяет визуализировать сложные пространственно-временные электромагнитные явления; реализовать ряд наглядных «клавиатурных измерений», трудно осуществимых в реальных условиях; увеличить объем и наглядность информации, которую студент может извлечь и усвоить; увеличить производительность труда преподавателя и студента, частично разгрузив их от рутинных учебных операций; повысить интерес к обучению и самостоятельность студентов путем создания игровых ситуаций за дисплеем, а также за счет более точной дифференциации знаний. Работы в виде экранных экспериментов выполняются студентами на домашнем компьютере.

При проведении лабораторных занятий используется интерактивная форма: визуализация сложных пространственно-временных электромагнитных явлений с использованием компьютерных симуляторов. В процессе практических занятий проводится обсуждение и разбор решений прикладных задач.

Такой инновационный подход позволил внедрить в процесс преподавания учебной дисциплины «Физические основы электроники» новые средства, формы и активные прогрессивные методы обучения. Используемые технологии способствуют реализации студентами своего личностного, познавательного и творческого потенциала и выполнению учебных и учебно-исследовательских работ по личным траекториям.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных вопросов и проблем;
- применение метода конкретных ситуаций.

Интерактивные образовательные технологии:

- проблемная лекция;
- лекция-пресс-конференция.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Интерактивные образовательные технологии

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
7	Лекция № 1-2. Физические основы работы твердотельных приборов	Проблемная лекция. 1. Равновесные и неравновесные носители заряда. 2. Диффузионная и барьерная емкости р-п-перехода.	4
	Лекция №5-7. Полупроводниковые приборы	Проблемная лекция. 1. Туннельный эффект. 2. Эффект Ганна. 3. Эффекты Пельтье, Зеебека, Томсона.	6
	Лекция № 9. Катодная электроника	Лекция-пресс-конференция. Термоэлектронная эмиссия. Ток в вакууме.	2
Итого:			12

4 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочными средствами для текущего контроля успеваемости являются: проблемная лекция, лекция-пресс-конференция, Защита лабораторной работы, написание реферата, рубежный контроль, защита лабораторной работы.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

4.1.1 Контрольные вопросы по учебной программе

1. Типы полупроводников. Свойства полупроводников.
2. Энергетические уровни электронов. Принцип Паули.
3. Основы зонной теории. Квантование энергии. Энергетический спектр устойчивых орбит.
4. Четыре квантовых числа.
5. Зонная энергетическая диаграмма внешних (валентных) электронов для полупроводников с примесной и собственной проводимостями.
6. Генерация и рекомбинация носителей зарядов.
7. Статистика Ферми-Дирака для электронов и дырок. Функция Ферми.
8. Причины вырождения полупроводников. Статистика Максвелла-Больцмана.
9. Определение концентрации носителей заряда в данном полупроводнике при данной температуре (общее положение).
10. Определение занятости донорных и акцепторных уровней.
11. Определение концентрации электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне через эффективные плотности состояний в этих зонах.
12. Инвариантность произведения концентрации электронов на концентрацию дырок в данном полупроводнике.
13. Закон Ома в дифференциальной форме. Электропроводность полупроводника. Подвижность носителей заряда.
14. Время жизни носителей заряда. Диффузионная длина. Коэффициент диффузии. Соотношение Эйнштейна.

15. Графики распределения примесей в направлении при $N_D=N_A$ и при $N_D>N_A$.
16. Контакт полупроводников N и P типов. Токи, протекающие через границу раздела полупроводников.
17. Распределение зарядов, потенциала и поля в плоскости p-n перехода.
18. Изменение положения энергетических зон при образовании p-n перехода.
19. Вольтамперная характеристика (ВАХ) электронно - дырочного перехода с учетом диффузионного тока и тока проводимости. Сравнение с ВАХ вакуумного диода.
20. Инжекция неосновных носителей
21. Барьерная и диффузионная емкости p-n перехода.
22. Омический контакт. Центры захвата носителей заряда (ловушки).
23. Работа выхода.
24. Зонные диаграммы контакта металл-электронный полупроводник. Выпрямляющий контакт (обогащение неосновными носителями).
25. Зонные диаграммы контакта металл-дырочный полупроводник. Выпрямляющий контакт (обогащение неосновными носителями).
26. Равновесное состояние (статистика Ферми- Дирака). Принцип равновесного состояния (по уровням Ферми).
27. Поверхностные состояния (общие положения). Образование приповерхностного слоя объемного заряда. Образование областей обогащения и обеднения.
28. Эффект поля.
29. Медленные и быстрые состояния.
30. Поверхностная рекомбинация.
31. Дефекты кристаллической решетки: а) электроны и дырки; б) экситоны.
32. Дефекты кристаллической решетки: а) фотоны; б) фононы.
33. Дефекты кристаллической решетки: а) примесные атомы; б) дислокации; в) структурные дефекты.
34. Физические процессы в контактах полупроводников с различной шириной запрещенной зоны. Гетеропереходы.
35. Полезные свойства гетеропереходов. Прямозонные и непрямозонные полупроводники.
36. Внутренний фотоэффект.
37. Фотопроводимость.
38. Фотогальванический эффект (эффект Дембера).
39. Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Зеебека.
40. Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Пельтье, эффект Томсона.
41. Гальваномагнитный эффект Холла.
42. Полупроводниковые диоды: конструктивный состав. Статические характеристики и статические параметры
43. Свойства полупроводниковых диодов на высоких частотах.
44. Выпрямительные диоды.
45. Опорные диоды.
46. Высокочастотные диоды.
47. Сверхвысокочастотные диоды (смесители и детекторы): чувствительность по току, потери преобразования, коэффициент шума.
48. Параметрические диоды.
49. Туннельные диоды. Обращенный туннельный диод.
50. Варакторы (варикапы). Эквивалентные схемы. Добротность.
51. Диод с накоплением заряда как эффективный умножитель частоты.
52. p-i-n диоды. Эквивалентные схемы. Полная проводимость. Качество диода.

53. Диоды Ганна. Явление в полупроводниках при сильных электрических полях.
54. Пролетный режим работы диода Ганна.
55. Режим с задержкой образования домена.
56. Режим с гашением домена.
57. Режим ограниченного накопления объемного заряда.
58. Лавинно - пролетный диод. Пролетный и аномальный режимы. Принцип действия лавинно - пролетного диода (ЛПД).
59. Аналогия работы ЛПД с диодным промежутком на СВЧ.
60. Полное сопротивление ЛПД. Эквивалентная схема ЛПД.
61. Полупроводниковый триод (транзистор). Принцип действия на примере схемы с общей базой (n-p-n структура).
62. Статические характеристики транзисторов для схем с ОБ, ОЭ, ОК.
63. Частотные свойства транзисторов.
64. Влияние емкостей эмиттерного и коллекторного переходов на частотные свойства транзисторов.
65. Эквивалентные схемы низкочастотных транзисторов.
66. Полевые транзисторы СВЧ. Устройство, принцип действия.
67. Эквивалентная схема полевого транзистора СВЧ.
68. Диоды с Барьером Шоттки.
69. Полупроводниковые и вакуумные фотодиоды.
70. Вакуумные диоды, триоды, тетроды и пентоды: статические характеристики и параметры.
71. Усилительные, частотно - преобразовательные и генераторные лампы.
72. Мощные генераторные и модуляторные лампы.
73. Газотрон. Тиратрон. Основные характеристики.
74. Прямопролетный клистрон.
75. Отражательный клистрон.
76. ЛБВ типа «О».
77. ЛОВ типа «О».
78. Магнетрон.

Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:

ОПК-2: уметь объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства, пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов.

ОПК-3: знать принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них, вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения, физический смысл дифференциальных, частотных и импульсных параметров приборов, основы технологии создания интегральных схем, микросхемотехнику и принцип работы базовых каскадов аналоговых и ячеек цифровых схем; уметь определять дифференциальные параметры по статическим характеристикам, производить пересчет значений параметров, определять тип прибора и схему его включения, объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на электрические параметры и частотные свойства базовых каскадов аналоговых схем и переходные процессы в базовых ячейках цифровых схем, выбирать на практике оптимальные режимы работы изучаемых схем.

ОПК-8: знать техническую документацию и нормативные документы используемых приборов.

Критерии оценки:

- оценка **«отлично»**: студент свободно отвечает на данные выше вопросы, активно участвует в дискуссии и в работе научного коллектива, речь отличается грамотностью, использованием профессионально-ориентированной терминологии; допустимы заминки и непродолжительные остановки;

- оценка **«хорошо»**: студент отвечает на данные выше вопросы, участвует в дискуссии и в работе научного коллектива, речь отличается грамотностью, использованием профессионально-ориентированной терминологии; но присутствуют непродолжительные остановки и негрубые ошибки;

- оценка **«удовлетворительно»**: студент не дает полноценного связного ответа на вопрос, но коммуникативный замысел просматривается и в целом содержание можно считать верным, у студента присутствуют некоторые трудности в участии в беседе и работе в научном коллективе, большое количество ошибок в определении рабочих понятий; студент не владеет в достаточной степени навыком филологического анализа текстов романтизма и реализма;

- оценка **«неудовлетворительно»**: студент не дает связного ответа на вопрос или высказывания поверхностны и неясны, у студента трудности в участии в беседе и работе в научном коллективе, большое количество ошибок в определении рабочих понятий.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1 Вопросы, выносимые на экзамен по дисциплине «Физические основы электроники» для направления подготовки для направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля «Нанотехнологии в электронике».

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Основы электронной теории электропроводности. Отличительные свойства электропроводности полупроводников. Энергия активации проводимости. Равновесные и неравновесные носители заряда. Дрейфовая скорость и ее оценка. Вывод формулы для удельной электропроводности полупроводников. Подвижность носителей заряда. "Горячие" электроны.

2. Модельные представления об электропроводности полупроводников. Генерация. Дырка. Рекомбинация. Удельная электропроводность собственных, примесных и скомпенсированных полупроводников. Основные и неосновные носители. Температурный диапазон применения полупроводниковых приборов.

3. Элементы зонной теории. Особое место валентных электронов. Противоречия классической электродинамики. Гипотеза Планка. Постулаты Бора. Гипотеза де Бройля. Принцип запрета Паули. Образование энергетических зон. Объяснение отличия проводников, полупроводников и диэлектриков на основе зонной теории. Энергетическая диаграмма полупроводника с донорной и акцепторной примесью.

4. Квазиимпульс и эффективная масса. Волновой вектор. Графики энергии свободного электрона и электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна. "Отрицательная" масса электрона. Дырка. "Легкие" и "тяжелые" дырки.

$$p = \hbar k, \quad k = 2\pi/\lambda.$$

5. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака для электронов. Уровень Ферми. Распределение Максвелла-Больцмана. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Функция распределения для дырок.

$$n = \int_{E_1}^{E_2} f(E, T) N(E) dE, \quad N(E) = \frac{4\pi}{h^3} (2m_n^*)^{3/2} (E - E_C)^{1/2},$$

$$N(E) = \frac{4\pi}{h^3} (2m_p^*)^{3/2} (E_V - E)^{1/2}, \quad f(E, T) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - F}{kT}\right)}.$$

6. Расчет концентраций электронов и дырок в зонах. Графики функций $N(E)$, $f(E, T)$, dn/dE . Эффективная плотность квантовых состояний. Расположение уровня Ферми в невырожденных и вырожденных полупроводниках. Расчет концентраций носителей (n_i и p_i) для собственного полупроводника.

$$N_C = 2 \left(\frac{2 \pi m_n^* k T}{h^2} \right)^{3/2}, \quad n = N_C \exp \left(-\frac{E_C - F}{kT} \right),$$

$$N_V = 2 \left(\frac{2 \pi m_p^* k T}{h^2} \right)^{3/2}, \quad p = N_V \exp \left(\frac{E_V - F}{kT} \right),$$

$$N_{C(V)} = 2,51 \cdot 10^{19} \left(\frac{m_{n(p)}^*}{m_0} \right)^{3/2} \left(\frac{T}{300} \right)^{3/2} \text{ см}^{-3}.$$

7. Расчет положения уровня Ферми для невырожденных полупроводников (расчеты иллюстрировать графиками): а) если заданы концентрация носителей и температура; б) из условия электрической нейтральности кристалла для собственного полупроводника. Положение уровня Ферми в широком интервале температур. Температуры T_s и T_i .

$$N_d^+ + p - N_a^- - n = 0, \quad T_s = \frac{E_C - E_d}{k \ln(N_C/N_d)}, \quad T_i = \frac{\Delta E}{k \ln(N_V N_C/N_d^2)}.$$

8. Определение ширины запрещенной зоны и глубины залегания примесных уровней по температурной зависимости электропроводности.

$$n = \sqrt{\frac{N_C N_d}{g}} \exp \left(-\frac{E_C - E_d}{2kT} \right), \quad n_i = \sqrt{N_C N_V} \exp \left(-\frac{\Delta E}{2kT} \right).$$

9. Равновесные и неравновесные носители. Квазиуровни Ферми. Высокий и низкий уровень инжекции.

10. Время жизни неравновесных носителей заряда. Оптическая биполярная генерация. Линейная рекомбинация.

$$-\frac{dn}{dt} = \gamma n p - G, \quad n = n_0 + \Delta n, \quad \tau = \frac{1}{\gamma(n_0 + p_0)}.$$

11. Время жизни неравновесных носителей заряда. Оптическая биполярная генерация. Квадратичная рекомбинация. Мгновенное время жизни.

12. Основные виды рекомбинации: межзонная, через ловушки, рекомбинация Оже. Поверхностная рекомбинация. Центры прилипания. Демаркационные уровни.

13. Диффузионные и дрейфовые токи. Уравнение полного тока. Соотношения Эйнштейна.

$$N_n = -D_n \frac{dn}{dx}, \quad \mu_n = D_n \frac{e}{kT}.$$

14. Уравнение непрерывности, учитывающее генерацию, рекомбинацию диффузию и дрейф носителей заряда. Уравнение Пуассона.

$$\frac{\partial \rho_3}{\partial t} = -\operatorname{div} J, \quad J_n = e \mu_n n E + e D_n \frac{dn}{dx}, \quad \frac{\partial n}{\partial t} = G + \frac{1}{e} \cdot \frac{\partial J_n}{\partial x} - \frac{n - n_0}{\tau_n}, \quad \frac{dE}{dx} = \frac{\rho_3}{\varepsilon \varepsilon_0}.$$

15. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда при монополярной проводимости. Длина экранирования. Максвелловское время релаксации.

$$\Delta n \ll n_0, \quad L_\Sigma = \sqrt{\frac{\varepsilon \varepsilon_0 k T}{e^2 n_0}}; \quad \operatorname{div} J = \operatorname{div} (\sigma E) = -\frac{\partial \rho_3}{\partial t}, \quad \operatorname{div} E = \frac{\rho_3}{\varepsilon \varepsilon_0}, \quad \tau_M = \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{\sigma}.$$

16. Диффузия и дрейф в случае биполярной оптической генерации. Диффузионная длина. Длина дрейфа.

$$\frac{\partial p}{\partial t} = G - \frac{1}{e} \cdot \frac{\partial J_p}{\partial x} - \frac{\Delta p}{\tau_p}, \quad \left(G = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial t} = 0 \right), \quad L_D = \sqrt{D_p \tau_p}, \quad L_E = \mu_p E \tau_p.$$

17. Полупроводники в сильных электрических полях. "Разогрев" носителей. Эффект Ганна. Ударная ионизация. Туннельный эффект. Электростатическая ионизация.

18. Физические процессы в контакте металл-полупроводник. Зонные диаграммы металла и полупроводника до контакта и структуры после контакта в состоянии равновесия и при подаче внешнего напряжения. Работа выхода, электронное сродство, контактная разность

потенциалов. Распределение объемного заряда и поля. Омические контакты. ВАХ.

19. Поверхностные состояния. Уровни Тамма. Энергетические диаграммы обедненного, инверсного и обогащенного слоев. Быстрые и медленные поверхностные состояния. Эффект поля.

20. Электронно-дырочный переход в состоянии равновесия. Классификация р-п-переходов. Диаграммы распределения объемного заряда, электрического поля, концентраций носителей. Расчет высоты потенциального барьера. Ширина и барьерная емкость резкого и плавного р-п-перехода.

$$F_n = E_C - kT \ln \frac{N_C}{n}, \quad F_p = E_V + kT \ln \frac{N_V}{p},$$
$$d = d_p + d_n = \sqrt{\frac{2\epsilon\epsilon_0\phi_K}{e} \cdot \frac{N_d + N_a}{N_d N_a}}, \quad C = \frac{\epsilon\epsilon_0}{d} = \sqrt{\frac{e\epsilon\epsilon_0}{2\phi_K} \cdot \frac{N_d N_a}{N_d + N_a}},$$
$$d = \sqrt[3]{\frac{12\epsilon\epsilon_0\phi_K}{ea}}, \quad C = \sqrt[3]{\frac{(\epsilon\epsilon_0)^2 ea}{12\phi_K}}.$$

21. Неравновесное состояние р-п-перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Изменения высоты, ширины барьера и барьерной емкости при прямом и обратном включении. Определение контактной разности потенциалов по вольт-фарадной характеристике. Диффузионная емкость. Расположение квазиуровней Ферми. ВАХ и упрощения при выводе её формулы.

$$J_s = e \left(\frac{D_n n_p}{L_n} + \frac{D_p p_n}{L_p} \right) = e \left(\frac{L_n n_p}{\tau_n} + \frac{L_p p_n}{\tau_p} \right).$$

22. Инерционные свойства р-п-перехода. Гетеропереходы.

23. Приемники оптического излучения. Классификация. Характеристики. Вакуумные и газонаполненные фотоэлементы. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ).

24. Фоторезисторы, конструкция и характеристики. Закон Бугера-Ламберта. Два типа фотопроводимости. Другие механизмы поглощения света. Экситон.

25. Фотогальванический эффект. Фотоэлементы, солнечные батареи и их ВАХ. Фотодиоды и их ВАХ. Область спектральной чувствительности полупроводников. Другие полупроводниковые фотоприемники. ЭДС Дембера.

26. Термоэлектрические явления – эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона. Физическая сущность и применение в промышленности. Метод термозонда.

27. Гальваномагнитные эффекты в полупроводниках: Холла, Гаусса, магнитоконцентрационный. Магниторезисторы. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы.

28. Квантоворазмерные структуры. Системы низкой размерности. Классические и квантовые размерные эффекты. Квантовые ямы, нити и точки. Сверхрешетка.

29. Электровакуумные приборы. Основные виды эмиссии. Вакуумный диод. Устройство электронно-лучевой трубки с электростатическим управлением.

30. Физические процессы при электрическом разряде в газе. Понятие о плазме. Различные виды разряда в газе и их применение. Физические явления, лежащие в основе конструкций индикаторных приборов.

К экзамену по теоретическому материалу лекционных занятий допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные работы, подготовившие реферат и презентацию. Зачет проводится в устной форме, при этом студентам задаются 2 вопроса из общего перечня вопросов к экзамену.

Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:

ОПК-2: знать функциональные назначения изучаемых приборов, условные графические обозначения изучаемых приборов, схемы включения и режимы работы электронных приборов, преимущества интегральных схем; уметь объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства, пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов;

владеть навыками работы с контрольно-измерительной аппаратурой.

ПК-3: знать принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них, вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения, физический смысл дифференциальных, частотных и импульсных параметров приборов, основы технологии создания интегральных схем, микросхемотехнику и принцип работы базовых каскадов аналоговых и ячеек цифровых схем; уметь определять дифференциальные параметры по статическим характеристикам, производить пересчет значений параметров, определять тип прибора и схему его включения, объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на электрические параметры и частотные свойства базовых каскадов аналоговых схем и переходные процессы в базовых ячейках цифровых схем, выбирать на практике оптимальные режимы работы изучаемых схем; навыками компьютерного исследования приборов по их электрическим моделям, навыками расчета базовых каскадов аналоговых и ячеек цифровых схем.

ОПК-8: знать техническую документацию и нормативные документы используемых приборов; уметь применять на практике электронные приборы согласно технической документации и инструкциям к использованию; владеть методами поиска нормативных документов и технической документации.

Образец экзаменационного билета

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Кубанский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Кафедра радиоп физики и нанотехнологий 11.03.04 Электроника и
нанoeлектроника («Нанотехнологии в электронике»)

Дисциплина «Физические основы электроники»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Основы электронной теории электропроводности. Отличительные свойства электропроводности полупроводников. Энергия активации проводимости. Равновесные и неравновесные носители заряда. Дрейфовая скорость и ее оценка. Вывод формулы для удельной электропроводности полупроводников. Подвижность носителей заряда. "Горячие" электроны.

17. 2. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда при монополярной проводимости. Длина экранирования. Максвелловское время релаксации.

$$\Delta n \ll n_0, \quad L_{\Sigma} = \sqrt{\frac{\varepsilon \varepsilon_0 k T}{e^2 n_0}}; \quad \operatorname{div} J = \operatorname{div} (\sigma E) = -\frac{\partial \rho_{\Sigma}}{\partial t}, \quad \operatorname{div} E = \frac{\rho_{\Sigma}}{\varepsilon \varepsilon_0}, \quad \tau_M = \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{\sigma}.$$

Зав.кафедрой

радиоп физики и нанотехнологий

Копытов Г.Ф.

Оценка знаний на экзамене производится по следующим критериям:

– отметка **«отлично»** выставляется студенту, если ответ полный, правильный, самостоятельный, материал изложен в определенной логической последовательности демонстрируется многосторонность подходов, многоаспектность обсуждения проблемы, умение аргументировать собственную точку зрения;

– отметка **«хорошо»** выставляется студенту, если ответ полный и правильный на основе

изученных концепций и теорий, материал изложен в определённой логической последовательности, при этом допускаются несущественные ошибки или трактовки ситуаций;

- отметка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если ответ полный, но допущена существенная смысловая ошибка или ответ неполный, несвязный, не проявляются умения обобщать, анализировать, формулировать выводы;

- отметка **«неудовлетворительно»** выставляется, если ответ обнаруживает незнание основного содержания учебного материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;

- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература:

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник - СПб.: Лань, 2010. - 392 с.
2. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника. Учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Н.Д. Федорова. – М.: Радио и связь, 2002. – 560 с.
3. Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для студентов вузов. - СПб.: Лань, 1991. - 351 с.
4. Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 624 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71742>
5. Бурбаева, Н.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2012. — 312 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5261>

5.2 Дополнительная литература:

1. Росадо Л. Физическая электроника и микроэлектроника. Под ред. В.А.Терехова. – М.: Высш. шк., 1991, - 351 с.
2. Соболев В.Д. Физические основы электронной техники. Учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 1979. – 448 с.
3. Фридрихов С.А., Мовнин С.Н. Физические основы электронной техники. Учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 1982. – 608 с.
4. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников. Учеб. пособие для вузов. - М.: Высш. шк., 1975. – 296 с.
5. Епифанов Г.Н. Физические основы микроэлектроники. Учеб. пособие для вузов. - М.: Советское радио, 1971. – 376с.
6. Ефимов И.Е., Козырь И.Я., Горбунов Ю.И. Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность. Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 464 с.

5.3. Периодические издания:

1. Вестник МГУ. Серия: Физика. Астрономия.
2. Журнал прикладной механики и технической физики.
3. Журнал технической физики.
4. Известия ВУЗов. Серия: Физика.
5. Инженерная физика.
6. Успехи физических наук.
7. Физика. Реферативный журнал. ВИНИТИ.

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

1. Журнал: Современная электроника www.soel.ru
2. Журнал «Техника Связи» — производственный технический журнал, освещает все аспекты телекоммуникаций и связи:
<http://www.t-sv.ru/ozhurnale.html>
3. Сайт интерактивной поддержки проведения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине:
<http://www.adcomlogod.narod.ru>
4. <http://ntb.tti.sfedu.ru/>(сайт научно-технической библиотеки ТТИ ЮФУ);
5. <http://elibrary.ru/> (сайт научной электронной библиотеки);
6. <http://www.exponenta.ru/> (образовательный математический сайт);
7. <http://www.i-exam.ru/> (сайт Научно-исследовательского института мониторинга качества образования, г. Йошкар-Ола).

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

На самостоятельную работу студентов отводится 32% времени от общей трудоемкости дисциплины. По итогам выполнения каждой лабораторной работы студент составляет подробный отчет, опираясь на который должен в беседе с преподавателем продемонстрировать знание теоретического и экспериментального материала, относящегося к работе. Проверка знаний студента основана на контрольных вопросах, приведенных в описании работы и дополнительных вопросах, касающихся соответствующих разделов дисциплины.

- выполнение домашних заданий по практическим занятиям.
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы.
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Физические основы работы твердотельных приборов	10	Защита лабораторной работы. Написание реферата. Рубежный контроль. Защита ЛР.	3
2.	Полупроводниковые приборы	10	Защита лабораторной работы. Написание реферата. Рубежный контроль. Защита ЛР.	3
3.	Катодная электроника	10	Защита лабораторной работы. Написание реферата. Рубежный контроль. Защита ЛР.	3
4.	Гетеропереходы и устройства на них	10	Защита лабораторной работы. Написание реферата. Рубежный контроль. Защита ЛР.	3
Итого:		40		12

Занятия лекционного типа являются одной из основных форм обучения студентов, во время которых студентам предоставляется возможность ознакомиться с основными научно-теоретическими положениями, проблемами дисциплины, получить необходимое направление и рекомендации для самостоятельной работы с учебниками, учебными пособиями, при подготовке к семинарским занятиям. Лекция является результатом кропотливой подготовки преподавателя, изучения и обобщения научной и учебной литературы. Столь же усердной должна быть и подготовка студента накануне лекции, посредством изучения соответствующей учебной литературы, повторения ранее пройденных тем.

Во время лекции следует записать дату ее проведения, тему, план лекции, вопросы, которые выносятся на самостоятельное изучение, отметить новинки учебной и научной литературы, рекомендованные лектором. Студентам рекомендуется конспектировать ее основные положения, не стоит пытаться дословно записать всю лекцию, поскольку скорость лекции не рассчитана на дословное воспроизведение выступления лектора в конспекте, тем не менее она является достаточной для того, чтобы студент смог не только усвоить, но и зафиксировать на бумаге сущность затронутых лектором проблем, выводы, а также узловые моменты, на которые обращается особое внимание в ходе лекции. На лекции студенту рекомендуется иметь на столах помимо конспектов также программу курса, которая будет способствовать развитию мнемонической памяти, возникновению ассоциаций между выступлением лектора и программными вопросами. В случае возникновения у студента по ходу лекции вопросов, их следует задавать сразу же или в конце лекции в специально отведенное для этого время.

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;
- формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия рабочей программы дисциплины и включают:

- заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;
- цель работы;
- предмет и содержание работы;
- порядок (последовательность) выполнения работы;
- общие правила к оформлению работы;
- контрольные вопросы и задания;
- список литературы (по необходимости).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

Самостоятельная работа содержит следующие виды учебной деятельности

студентов:

- теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к зачету по конспектам и учебной литературе;
- оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии);
- подготовка реферата по одной из тем учебной дисциплины;
- подготовка презентации по теме реферата и выступление с докладом на одном из лекционных занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

Для запоминания лекционного материала (в том числе и в период подготовки к зачету) студенту необходимо хорошо знать свойства памяти и активно пользоваться мнемотехническими приемами, известными из учебной дисциплины «Психология и педагогика». Методические рекомендации по запоминанию можно найти и в сети «Интернет», по ключевым словам, «память», «мнемоника», «мнемотехника», «как запомнить учебный материал». Желательно также ознакомиться с приемами конспектирования, т.е. со способами сокращения записи слов и словосочетаний, например, применяемыми в словарях и энциклопедиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Реферат является одной из важных форм самостоятельной работы, поскольку позволяет структурировать знания обучаемых. Это письменный доклад или выступление по определённой теме с обобщением информации из одного или нескольких источников. Реферат предполагает осмысленное изложение содержания главного и наиболее важного (с точки зрения автора) в научной литературе по определенной проблеме в письменной или устной форме.

Этапы работы над рефератом

Выбор темы. Выбор темы должен иметь практическое и теоретическое обоснование, в то же время тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшим объемом работы (до 20 страниц) не позволит раскрыть ее. Желательно, чтобы тема реферата была связана с будущей магистерской работой. При выборе темы необходимо учитывать полноту ее освещения в имеющейся научной литературе.

После выбора темы составляется список изданной по теме (проблеме) литературы, опубликованных статей, необходимых справочных источников. Знакомство с любой научной проблематикой следует начинать с освоения имеющейся основной научной литературы. Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе.

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цели работы и основные вопросы, которые предполагается раскрыть в реферате, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

Основная часть реферата может быть представлена одной или несколькими главами, которые могут включать 2-3 параграфа (подпункта, раздела).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому. Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники. Работа должна быть написана грамотным литературным языком.

Заключение. В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме, рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

Библиография (список литературы). Здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

Оформляется реферат в соответствии с требованиями ГОСТа.

Подготовленный и оформленный в соответствии с требованиями реферат оценивается преподавателем по следующим критериям:

- достижение поставленной цели и задач исследования;
- уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);
- личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);
- культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора)
- культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);
- степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всесторонность раскрытия темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);
- использование литературных источников.

Объективность оценки работы преподавателем заключается в определении ее положительных и отрицательных сторон, по совокупности которых он окончательно оценивает представленную работу. При отрицательной рецензии работа возвращается на доработку с последующим представлением на повторную проверку с приложением замечаний, сделанных преподавателем.

С точки зрения методики проведения семинар представляет собой комбинированную, интегративную форму учебного занятия. Для подготовки и точного и полного ответа на семинарском занятии студенту необходимо серьезно и основательно подготовиться. Для этого он должен уметь работать с учебной и дополнительной литературой, а также знать основные критерии для написания реферата или подготовки доклада, если семинар проходит в данной форме. В конце занятия, после подведения его итогов преподавателем студентам рекомендуется внести изменения в свои конспекты, отметить информацию, прозвучавшую в выступлениях других студентов, дополнения, сделанные преподавателем и не отраженные в конспекте.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) Перечень необходимого программного обеспечения

8.1 Перечень информационных технологий.

1. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
2. Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

Программный продукт	Договор/лицензия
ОС MS Windows 7	Дог. № 77-АЭФ/223-ФЗ/2017 от 03.11.2017
Офисное приложение MS Office 7	Дог. № 77-АЭФ/223-ФЗ/2017 от 03.11.2017
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Контракт №69-АЭФ/223-ФЗ от 11.09.2017

Средства мультимедийной обучающей лаборатории:

- компьютерный класс;
- техническое обеспечение: персональные компьютеры Pentium IV, интерфейсные системы, лабораторные стенды, сменные СВЧ-блоки;
- программное обеспечение: многоуровневых оболочек, файлы физических и вычислительных экспериментов, модули электронного контроля знаний;
- информационное обеспечение: сценарии и банки данных.

2. Электронные презентации к лабораторному практикуму по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн».

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория 227С, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.
2.	Семинарские занятия	Аудитория 227С, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.
3.	Лабораторные занятия	Лаборатория 311С, укомплектованная оборудованием необходимым для проведения лабораторных работ, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 227С, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.
5.	Самостоятельная работа	Аудитория 311С, укомплектованная оборудованием необходимым для проведения лабораторных работ, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

НОЦ «ДССН» КубГУ		
Лабораторные занятия по дисциплине: «Физические основы электроники»	Оборудование и программно-техническое оснащение учебно-научной лаборатории:	Кол-во
	Персональные электронно-вычислительные машины:	3
	CPU с частотой более 2,4 ГГц , LCD	
	Microsoft Office 2003, 2010	3
	Операционная система Windows XP	3
	Вытяжные шкафы химические	2
	Электроплитки химические	2
	Электронные весы	1
	Сушильный шкаф	1
	Растровый электронный микроскоп сверхвысокого разрешения JEOL JSM7500F	1
	Спектрометр электронного парамагнитного резонанса JEOL JES-FA300	
	Установка магнетронного напыления Q150T ES	1
	Установка для осаждения тонких пленок CCR Copra Cube ISSA	1

	Микроинтерферометр МИИ-4М	1
	Рабочий стол	4
	Стулья	8