

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
доцент И.И. Растворова

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень высшего образования:	Специалитет
Специальность:	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Направленность (профиль):	Проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов
Квалификация выпускника:	инженер
Форма обучения:	очная
Составитель:	доц. А.С. Татаренко

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники»
разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности «11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы», утвержденного приказом Минобрнауки России № 94 от 09.02.2018 г.;

- на основании учебного плана специалитета по специальности «11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы» направленность (профиль) «Проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов».

Составитель _____ к.т.н., доц. А.С. Татаренко

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электронных систем от 31.01.2022 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой _____ д-р.техн. наук И.И. Растворова

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса _____ к.т.н. П.В. Иванова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники» является формирование знаний о физических принципах работы приборов микро- и нанoeлектроники изучение основных физических, физико-химических процессов и закономерностей сплошных сред, которые используются при проектировании, производстве и эксплуатации электронных средств.

Основной задачей дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники» является формирование навыков экспериментальных исследований материалов и приборных структур электронной, микроэлектронной техники, нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по специальности «11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы» направленность (профиль) «Проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов», изучается в 3-ем и 4-ом семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Физические основы микро- и нанoeлектроники», являются: высшая математика, физика, компоненты электронной техники.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	ОПК-1	ОПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы ОПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-1.3 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 6 зачётных единиц, 216 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	
		3	4
Аудиторная работа, в том числе:	85	34	51
Лекции (Л)	34	17	17
Практические занятия (ПЗ)	17	17	-
Лабораторные работы (ЛР)	34	-	34
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	95	38	57
Подготовка к лекциям	16	8	8
Подготовка к лабораторным работам	23	-	23
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	14	14	-
Выполнение курсовой работы / проекта	20	-	20
Работа в библиотеке	12	6	6
Подготовка к зачету	10	10	-
Промежуточная аттестация – зачет (З), экзамен (Э), курсовая работа (КР)	3,Э(36),КР	3	Э(36), КР
Общая трудоёмкость дисциплины			
ак. час.	216	72	144
зач. ед.	6	2	4

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
1. Основы квантовой механики и статистики	27	4	8	-	15
2. Структура и электронные свойства твердых тел	35	6	9	-	20
3. Контактные и поверхностные явления	45	8	-	17	20
4. Физические основы работы полупроводниковых приборов	52	10	-	17	25
5. Микроминиатюризация изделий микроэлектроники. Нанoeлектроника	21	6	-		15
Подготовка к экзамену:	36				
Всего:	216	34	17	34	95

4.2.2.Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Основы квантовой механики и статистики	<p>Физические основы квантовой механики. Волновые свойства микрочастиц. Волновая функция. Волновое уравнение Шредингера и его применение к описанию движения свободной частицы. Фазовая и групповая скорости. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Кристаллическая решетка. Понятие о нормальных колебаниях кристаллической решетки. Корпускулярное представление нормальных колебаний решетки. Фононы.</p>	4
2	Структура и электронные свойства твердых тел	<p>Структура кристаллов. Элементы зонной теории твердых тел. Зонный характер энергетического спектра электронов в кристалле. Строение энергетического спектра металлов, полупроводников и диэлектриков в свете зонной теории. Примесные уровни. Концентрация свободных носителей в полупроводниках. Вырожденные полупроводники. Дефекты реальных кристаллов. Структурные дефекты. Влияние дефектов на электронное строение и свойства твердого тела. Примесные уровни. Собственные и примесные полупроводники. Типы легирующих примесей. Собственная и примесная проводимость. Явления генерации и рекомбинации носителей заряда. Скорость рекомбинации. Излучательная и безызлучательная рекомбинация. Уравнение непрерывности для полупроводников. Поверхностные электронные состояния твердого тела. Поверхностные явления. Приповерхностный слой объемного заряда в полупроводниках. Некристаллические (аморфные и стеклообразные) материалы. Ближний и дальний порядок в атомном строении. Особенности энергетического спектра электронов в некристаллических твердых телах. Электронная проводимость твердого тела, обусловленная свободными носителями заряда. Подвижность носителей заряда. Температурная зависимость проводимости металлов, полупроводников и диэлектриков. Механизмы рассеяния электронов в твердых телах. Прыжковая электропроводность в примесных полупроводниках и некристаллических твердых телах. Эффекты сильного поля. Разогрев электронного газа, горячие электроны. Эффект Ганна. Термоэлектронная ионизация по Френкелю. Ударная ионизация. Электростатическая ионизация. Фотоэлектрические свойства твердого тела. Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Фотопроводимость полупроводников.</p>	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
3	Контактные и поверхностные явления	Работа выхода электронов из металлов и полупроводников. Термоэлектронная эмиссия. Контактная разность потенциалов. Условия образования барьера Шоттки. Контакты металл-полупроводник. Выпрямляющие и омические контакты в системе металл-полупроводник. Диоды Шоттки. Электронно-дырочный переход (p-n-переход). Гомо- и гетеропереходы. Выпрямляющее действие p-n-перехода и диоды на его основе. Емкость перехода в зависимости от приложенного внешнего напряжения. Устройство и принцип действия биполярного транзистора. Излучательная рекомбинация в p-n-переходе. Светодиоды и полупроводниковые лазеры. Эффект поля. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник и полевые транзисторы на его основе. Принцип действия полевого транзистора. Физические процессы на поверхности полупроводников. Электрические заряды и энергетические состояния на поверхности полупроводника, явление инверсии проводимости, влияние состояния поверхности на электрические характеристики.	8
4	Физические основы работы полупроводниковых приборов	Основные виды полупроводниковых диодов. Биполярные транзисторы. Полевые транзисторы.	10
5	Микроминиатюризация изделий микроэлектроники. Нанoeлектроника	Физическое масштабирование полупроводниковых структур. Физические и параметрические ограничения при масштабировании элементов интегральных схем. Объекты нанoeлектроники. Пространственные масштабы нанoeлектроники. Общая структура нанoeлектронных приборов.	6
Итого:			34

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	1	Задачи по расчету полупроводников, определение концентрации носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках, уровня легирования, расчет уровня Ферми	6
2	2	Задачи по расчету полупроводниковых приборов: диодов, биполярных транзисторов, определение рабочей точки	6
3	3	Задачи по расчету усилительных и ключевых режимов на биполярных и полевых транзисторах	5
Итого:			17

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	3	Исследование полупроводниковых диодов	5
2	3	Исследование тиристорov	5

3	3	Исследование биполярных транзисторов	8
4	3	Исследование полевых транзисторов	8
5	4	Исследование полупроводникового фотодиода	4
6	4	Исследование полупроводникового фототранзистора	4
Итого:			34

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы на тему «Расчет внутренней структуры полевого транзистора с изолированным затвором». Обучающийся выбирает вариант для расчета по двум последним цифрам номера зачетной книжки.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Лабораторные работы. Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. *Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости*

Раздел 1. Основы квантовой механики и статистики

1. В чем заключается отличие поведения электрона в кристаллической решетке от свободного электрона в вакууме?
2. Что такое потенциал Хартри?
3. Что такое рекомбинация носителей заряда?
4. Как соотносится концентрация электронов и дырок в примесном полупроводнике?
5. Какие элементы и почему используют для получения полупроводников n-типа и p-типа?
6. Какими носителями заряда обусловлены токи в полупроводниках?

7. Каковы основные ограничения применения понятия «эффективная масса носителей»?
8. Что такое «собственный полупроводник»?
9. Дайте определение понятиям «основные и неосновные носители заряда».
10. Что такое «собственная концентрация носителей заряда»?

Раздел 2. Структура и электронные свойства твердых тел

1. Какие приборы составляют основу современной микроэлектроники?
2. Какой материал является наиболее распространенным в интегральной микроэлектронике полупроводниковым материалом?
3. Что такое условие электронейтральности полупроводника, как оно записывается в общем виде? Опишите роль каждого члена в соотношении.
4. Что характеризует тангенс угла наклона линейных участков на температурной зависимости концентрации свободных носителей заряда в примесном полупроводнике?
5. Объясните причины возникновения максимума на температурной зависимости подвижности носителей заряда в примесном полупроводнике
6. Поясните, что такое вырожденный электронный газ?

Раздел 3. Контактные и поверхностные явления

1. Какие виды контактных явлений характерны для микроэлектронных структур?
2. Что называют омическим контактом?
3. Что представляет собой контакт металла и полупроводника?
4. Перечислите основные отличия диодов Шоттки от диодов с $p-n$ переходом?
5. Поясните физические принципы возникновения варикапного эффекта в диодах Шоттки
6. Какое соотношение работ выхода электронов из металла и полупроводника необходимо выбрать для получения в структуре металл-полупроводник выпрямляющего контакта?

Раздел 4. Физические основы работы полупроводниковых приборов

1. Какой полупроводниковый прибор называется биполярным транзистором?
2. Из каких областей конструктивно состоит биполярный транзистор?
3. Как классифицируются биполярные транзисторы по технологии изготовления?
4. Чем отличаются сплавные и планарные транзисторы?
5. Какие существуют режимы работы биполярных транзисторов?
6. Возможно ли управление транзистором в режиме отсечки? В режиме насыщения?

Раздел 5. Микроминиатюризация изделий микроэлектроники. Нанoeлектроника

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета, экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету

1. В чем заключается отличие поведения электрона в кристаллической решетке от свободного электрона в вакууме?
2. Что такое потенциал Хартри?
3. Что такое обратная решетка, и каково ее приложение для решения задачи получения энергетического спектра электронов в кристалле?
4. Каковы свойства функции Блоха?
5. Сформулируйте понятие «первая зона Бриллюэна». Каковы ее свойства?
6. Каков диапазон изменения волнового числа в пределах первой зоны Бриллюэна?
7. Каковы основные ограничения применения понятия «эффективная масса носителей»?
8. Что такое «собственный полупроводник»?
9. Дайте определение понятиям «основные и неосновные носители заряда».
10. Что такое «собственная концентрация носителей заряда»?
11. Что такое «распределение Ферми»?
12. Как соотносятся функции Ферми для электронов и дырок в полупроводнике?
13. Каково положение уровня Ферми относительно середины запрещенной зоны в полупроводниках с донорной примесью?
14. Поясните термины «донорный полупроводник», «акцепторный полупроводник», «собственный полупроводник».
15. Сколько электронов находится на уровне Ферми в собственном полупроводнике?

16. Как влияет температура на положение уровня Ферми?
 17. Зависит ли произведение концентраций основных и неосновных носителей заряда в примесном полупроводнике от положения уровня Ферми и почему?
 18. Каково будет примерное положение уровня Ферми в полупроводнике, легированном одновременно донорными и акцепторными примесями в равном количестве, при этом $E_A - E_V \approx E_C - E_D$?
 19. Что такое число эквивалентных минимумов функции $E(k)$ в зоне проводимости? Чему равно это число для германия и кремния?
 20. Что такое эффективная плотность квантовых состояний носителей? В каких случаях этот параметр можно применять вместо энергетически зависимой плотности квантовых состояний?
 21. Что такое условие электронейтральности полупроводника, как оно записывается в общем виде? Опишите роль каждого члена в соотношении.
 22. Что характеризует тангенс угла наклона линейных участков на температурной зависимости концентрации свободных носителей заряда в примесном полупроводнике?
 23. Объясните причины возникновения максимума на температурной зависимости подвижности носителей заряда в примесном полупроводнике
 24. Поясните, что такое вырожденный электронный газ?
 25. Поясните, что такое таммовские уровни и какова природа их возникновения?
 26. Какие эффекты относятся к эффектам сильного поля?
 27. Существует ли зависимость частоты импульсов колебаний генератора Ганна от длины образца?
 28. Существуют ли качественные различия между диэлектриками и полупроводниками с точки зрения их зонного строения?
 29. Какова природа встроенного электрического поля в $p-n$ переходе?
 30. Какими электрофизическими параметрами определяется величина контактной разности потенциалов в $p-n$ переходе?
 31. Как получить максимальную контактную разность потенциалов в $p-n$ переходе для данного полупроводникового материала в условиях термодинамического равновесия?
 32. Какой вид включения внешнего электрического поля называется прямым смещением $p-n$ перехода?
 33. Опишите физический состав области пространственного заряда $p-n$ переходов.
 34. От каких электрических и электрофизических параметров зависит толщина слоя пространственного заряда $p-n$ переходов?
 35. Что такое резкий несимметричный $p-n$ переход?
- 6.2.2. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):**
1. Перечислите виды электронной эмиссии и назовите основной вид электронной эмиссии, используемой в электровакуумных приборах.
 2. Как влияет температура катода на распределение потенциала в междуэлектродном промежутке?
 3. Перечислите основные параметры, использующиеся для сравнения различных катодов.
 4. Какой тип термоэлектродных катодов получил наибольшее распространение и почему?
 5. Чем отличается движение электронов в ускоряющем электрическом поле от движения электронов в тормозящем электрическом поле?
 6. Что такое поперечное электрическое поле?
 7. Что понимается под формированием электронного потока?
 8. Что такое электронно-оптическая система?
 9. Под действием какой силы изменяется траектория электрона, движущегося в магнитном поле?
 10. Назовите области, формирующие электронный пучок.
 11. Нарисуйте эквивалентную схему усилителя на электровакуумном триоде.
 12. Перечислите межэлектродные емкости в усилителе на триоде и назовите ту межэлектродную емкость, которая оказывает наибольшее вредное воздействие.
 13. В какой точке ВАХ определяются параметры триода, работающего в усилительном режиме?
 14. Какие ВАХ используются при синтезе усилительного каскада на триоде?

15. Какова природа встроенного электрического поля в $p-n$ переходе?
16. Какими электрофизическими параметрами определяется величина контактной разности потенциалов в $p-n$ переходе?
17. Как получить максимальную контактную разность потенциалов в $p-n$ переходе для данного полупроводникового материала в условиях термодинамического равновесия?
18. Какой вид включения внешнего электрического поля называется прямым смещением $p-n$ перехода?
19. Опишите физический состав области пространственного заряда $p-n$ переходов.
20. От каких электрических и электрофизических параметров зависит толщина слоя пространственного заряда $p-n$ переходов?
21. Что такое резкий несимметричный $p-n$ переход?
22. Чем определяется величина тока насыщения обратносмещенного $p-n$ перехода?
23. Что такое генерационный ток обратносмещенного $p-n$ перехода?
24. Какие основные виды пробоя электронно-дырочного перехода?
25. Опишите принцип работы туннельных диодов.
26. Какими основными параметрами характеризуются силовые диоды с $p-n$ -переходом?
27. В чем особенность температурно-компенсированных стабилитронов?
28. Перечислите основные отличия диодов Шоттки от диодов с $p-n$ переходом.
29. В чем состоит явление инжекции носителей?
30. Изложите принцип усиления электромагнитных сигналов по мощности в биполярном транзисторе.
31. Назовите три основных физических явления, лежащих в основе работы биполярных транзистора.
32. Что такое «эффективность эмиттера»?
33. Чем определяется зависимость входного напряжения от выходного (характеристика обратной связи биполярного транзистора)?
34. Охарактеризуйте три основных режима работы биполярного транзистора.
35. В чем преимущества и недостатки изоляции интегральных элементов с помощью $p-n$ перехода?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Какие параметры, характеризующие поведение электронов, являются искомыми при решении уравнения Шредингера?	1. разрешенные значения энергии. 2. возможные траектории. 3. значения эффективной массы. 4. скорости волновых пакетов.
2	Вероятность нахождения электрона на уровне Ферми равна ...	1. 1 2. 2 3. -1 4. $\frac{1}{2}$
3	Какое упрощение в виде приближения применяется при решении уравнения Шредингера?	1. однозарядная модель. 2. одноэлектронное приближение. 3. одновалентное состояние. 4. многоэлектронное приближение.
4	Монокристаллический кремний имеет кристаллическую решетку...	1. типа алмаза. 2. гексагональную. 3. сфалерита. 4. вюрцита.

5	Чем характеризуется система, находящаяся в состоянии термодинамического равновесия?	1. минимумом свободной энергии. 2. максимумом свободной энергии. 3. максимумом внутренней энергии. 4. средним значением энергии.
6	Уровень Ферми собственного полупроводника располагается...	1. точно в середине запрещенной зоны. 2. в валентной зоне. 3. в зоне проводимости. 4. около поверхности полупроводника.
7	В какой части энергетической структуры зон находится уровень донорной примеси полупроводника?	1. в верхней половине запрещенной зоны. 2. в нижней половине запрещенной зоны. 3. в валентной зоне. 4. в зоне проводимости.
8	Какая из перечисленных примесей дает донорный уровень в кремнии?	1. фосфор. 2. алюминий. 3. бор. 4. углерод.
9	Если свободный электрон из зоны проводимости рекомбинирует с дыркой в валентной зоне, то такой процесс называется ...	1. рекомбинация с участием примесей и дефектов. 2. прямая рекомбинация зона-зона. 3. прямая генерация. 4. фотопроводимость.
10	К точечным дефектам в монокристаллах относятся ...	1. вакансии, атомы в междоузлиях кристаллической решетки. 2. только вакансии. 3. поверхность. 4. дислокации.
11	Если ширина запрещенной зоны $E_g > kT$, то для полупроводника характерно ...	1. высокая электропроводность. 2. низкая вероятность генерации электронно-дырочных пар. 3. высокая подвижность носителей заряда. 4. отсутствие электропроводности.
12	Зависимость электропроводности полупроводника от температуры описывается функцией.	1. линейной. 2. экспоненциальной. 3. степенной. 4. квадратичной.
13	В чем заключается основное отличие собственных полупроводников от примесных?	1. в изменении кристаллической решетки. 2. в наличии электрически активных примесей. 3. в изменении подвижности носителей заряда. 4. в изменении агрегатного состояния.
14	Если свободный электрон из зоны проводимости рекомбинирует со связанной дыркой на примесном уровне или дефекте, то это ...	1. рекомбинация с участием примесей и дефектов. 2. рекомбинация зона-зона. 3. генерация электронно-дырочных пар. 4. явление выпрямления сигнала
15	Если рекомбинация электрона и дырки сопровождается испусканием кванта электромагнитного излучения (фотона), то это ...	1. безызлучательная рекомбинация. 2. генерация электронов. 3. излучательная рекомбинация. 4. ударная рекомбинация.

16	В собственных полупроводниках свободные носители заряда образуются за счет...	1.рекомбинации электронно-дырочных пар. 2. ионизации атомов примеси. 3. ионизации атомов основы. 4. генерации электронно-дырочных пар.
17	В собственных полупроводниках концентрация электронов и дырок находятся в соотношении...	1. $p_n \ll n_n$. 2. $p_n > n_n$. 3. $p_n = n_p$. 4. $p_n \gg n_p$.
18	Каким основополагающим физическим явлением характеризуется прямосмещенный <i>p-n</i> - переход?	1.инжекция носителей через <i>p-n</i> - переход. 2.рекомбинация носителей в <i>p-n</i> - переходе. 3.генерация носителей заряда в <i>p-n</i> - переходе. 4.экстракция носителей из <i>p-n</i> - перехода.
19	Барьерная емкость <i>p-n</i> - перехода – это емкость, образованная ...	1.неподвижными зарядами обедненной переходной области <i>p-n</i> - перехода. 2.подвижными зарядами обедненной области. 3.неподвижными зарядами обогащенной области. 4.всеми зарядами в полупроводнике.
20	Какой параметр не влияет на величину контактной разности потенциалов в <i>p-n</i> - переходе, находящемся в состоянии термодинамического равновесия?	1.уровень легирования <i>n</i> - области. 2.уровень легирования <i>p</i> - области. 3.ширина запрещенной зоны полупроводника. 4.подвижность носителей заряда.

Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Основными носителями заряда в полупроводнике <i>n</i> -типа являются ...	1. дырки. 2. ионы примеси. 3. электроны. электроны и дырки.
2	Если рекомбинация электрона и дырки НЕ сопровождается испусканием кванта электромагнитного излучения (фотона), то это ...	1.безызлучательная 2.рекомбинация. 3.генерация электронов. 4.излучательная рекомбинация. ударная рекомбинация.
3	В собственных полупроводниках генерация электронов и дырок происходит ...	1.парами электрон-дырка; 2.парами электронов; 3.парами дырок; 4.редко
4	Если свободный электрон из зоны проводимости рекомбинирует с дыркой в валентной зоне, то это ...	1.рекомбинация с участием примесей и дефектов. 2.рекомбинация зона-зона. 3.генерация электронно-дырочных пар. 4.явление выпрямления сигнала.
5	Как называется полупроводник, в котором отсутствуют примеси?	1.компенсированный. 2.собственный. 3.электронный. 4.дырочный.

6	В полупроводниках р-типа концентрация дырок p_p и концентрация электронов p_n находятся в соотношении ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. $p_p \ll p_n$. 2. $p_p > p_n$. 3. $p_p = p_n$. 4. $p_p \gg p_n$.
7	В проводнике с током, помещенном в магнитное поле, появляются электродвижущие силы и как следствие возникает ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. дополнительное электрическое поле. 2. дополнительное магнитное поле. 3. дополнительные электроны. 4. новый носитель заряда.
8	В собственных полупроводниках концентрация электронов и дырок находятся в соотношении...	<ol style="list-style-type: none"> 1. \ll . p n 2. $>$. p n 3. $p = n$. 4. $p \gg n$.
9	Атомы мышьяка (элемент 5 группы) при введении их в кристаллическую решетку кремния являются ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. электрически нейтральными примесями. 2. акцепторами. 3. центрами кристаллизации. 4. донорами.
10	В полупроводниках n-типа концентрация дырок p_n и концентрация электронов n_n находятся в соотношении...	<ol style="list-style-type: none"> 1. $p_n \ll n_n$. 2. $p_n > n_n$. 3. $p_n = n_n$. 4. $p_n \gg n_n$.
11	Основными носителями заряда в полупроводнике р-типа являются ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. электроны. 2. дырки. 3. ионы примеси. 4. электроны и ионы.
12	Дефектами кристаллов являются ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. вакансии, атомы в междоузлиях кристаллической решетки. 2. кристаллическая решетка 3. атомы в узлах кристаллической решетки 4. все вышеперечисленное.
13	Подвижность носителей заряда характеризует...	<ol style="list-style-type: none"> 1. амплитуду колебаний ионов в узлах кристаллической решетки. 2. интенсивность движения носителей. 3. энергию электронов. 4. среднюю скорость движения носителей под действием электрического поля единичной напряженности.
14	Процесс введения примесей в полупроводник – это ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. легирование. 2. формирование. 3. сульфатация. 4. флотация.
15	Выберите условие, которое не совпадает для диодов Шоттки и диодов с р-n-переходом.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прямой ток подчиняется закону роста по экспоненте 2. Прямой ток через контакт определяется движением основных носителей. 3. Запирающим слоем является слой, обедненный основными носителями. 4. Контакт является выпрямляющим.
16	Туннельные диоды имеют ... вольт-амперную характеристику	<ol style="list-style-type: none"> 1. N-образную 2. S-образную 3. Симметричную 4. T-образную

17	Нелинейные полупроводниковые резисторы (варисторы) имеют ... вольт-амперную характеристику	1.Симметричную 2.Несимметричную 3.Ступенчатую 4.простую
18	В качестве областей истока и стока полевого транзистора может быть использован ...	1.Конденсатор 2.Затвор 3.Барьер Шоттки 4.Все вышеперечисленное
19	В полевых транзисторах с изолированным затвором управление зарядами производится через ...	1.диэлектрик. 2.металл. 3.интерметаллическое соединение. 4.полупроводник.
20	Физическими ограничениями для МДП-транзисторов являются ...	1.максимально допустимое напряжение стока; 2.эффект смыкания; 3.ограничения по мощности все вышеперечисленное

Вариант № 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Как называется полупроводник, в котором отсутствуют примеси?	1. компенсированный. 2. собственный. 3. электронный. 4. дырочный.
2	Какие параметры, характеризующие поведение электронов, являются искомыми при решении уравнения Шредингера?	1. разрешенные значения энергии. 2. возможные траектории. 3. значения эффективной массы. 4. скорости волновых пакетов.
3	Каким состоянием характеризуется волновая функция Блоха на границе зоны Бриллюэна?	1. бегущая волна. 2. стоячая волна. 3. прямая волна. 4. обратная волна.
4	Чем характеризуется система, находящаяся в состоянии термодинамического равновесия?	1. минимумом свободной энергии. 2. максимумом свободной энергии. 3. минимумом энтропии системы. 4. максимумом внутренней энергии.
5	В проводнике с током, помещенном в магнитное поле, появляются электродвижущие силы и, как следствие, возникает дополнительное электрическое поле – это формулировка ...	1. закона Ома. 2. закона Кирхгофа. 3. правила Ленца. 4. эффекта Холла.
6	Какое из перечисленных качеств не относится к характеристике функции Блоха?	1. волновая функция. 2. периодичность. 3. непрерывность. 4. ангармоничность.
7	У невырожденного полупроводника уровень Ферми находится ...	1. внутри запрещенной зоны; 2. внутри зоны проводимости; 3. внутри валентной зоны; 4. около ядра атома.

8	К каким полупроводникам применима статистика Максвелла-Больцмана?	<ol style="list-style-type: none"> 1. невырожденным. 2. вырожденным. 3. отожженным. 4. ко всем вышеперечисленным
9	Если свободный электрон из зоны проводимости рекомбинирует со связанной дыркой на примесном уровне или дефекте, то это ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. рекомбинация с участием примесей и дефектов. 2. рекомбинация зона-зона. 3. генерация электронно-дырочных пар. 4. явление выпрямления сигнала.
10	Если рекомбинация электрона и дырки сопровождается испусканием кванта электромагнитного излучения (фотона), то это ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. безизлучательная рекомбинация. 2. генерация электронов. 3. излучательная рекомбинация. 4. ударная рекомбинация
11	Какое упрощение в виде приближения применяется при решении уравнения Шредингера?	<ol style="list-style-type: none"> 1. однозарядная модель. 2. одноэлектронное приближение. 3. одновалентное состояние. 4. одноволновое приближение.
12	Определите энергетический барьер для основных носителей заряда при обратном включении р-п-перехода.	<ol style="list-style-type: none"> 1. сумма контактной разности потенциалов и приложенного напряжения. 2. энергетический барьер отсутствует. 3. равен контактной разности потенциалов. 4. равен величине приложенного внешнего обратного напряжения.
13	Выберите условие, которое не совпадает для диодов Шоттки и диодов с р-п-переходом.	<ol style="list-style-type: none"> 1. прямой ток подчиняется закону роста по экспоненте. 2. прямой ток через контакт определяется движением основных носителей. 3. запирающим слоем является слой, обедненный основными носителями. 4. контакт является выпрямляющим.
14	В полевых транзисторах с изолированным затвором управление зарядами производится через ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. диэлектрик. 2. металл. 3. интерметаллическое соединение. 4. полупроводник.
15	Назовите режим работы биполярного транзистора, в котором оба р-п-перехода включены обратно (заперты).	<ol style="list-style-type: none"> 1. режим отсечки. 2. активный режим. 3. линейный режим. 4. режим насыщения.
16	Управление проводимостью поверхностного слоя полупроводника при изменении внешнего электрического поля – это принцип работы...	<ol style="list-style-type: none"> 1. диода Шоттки. 2. полевого транзистора. 3. биполярного транзистора. 4. электролитического конденсатора.
17	Как называется металлический электрод в МДП-транзисторе?	<ol style="list-style-type: none"> 1. затвор. 2. исток. 3. подложка. 4. канал.
18	Контакт металл-полупроводник может быть...	<ol style="list-style-type: none"> 1. только омическим. 2. только выпрямляющим. 3. усиливающим сигнал. 4. выпрямляющим и омическим.

19	Какой образуется поверхностный слой в полупроводнике n-типа при контакте с металлом с высокой работой выхода электронов?	1. обедненный. 2. инверсный. 3. сильно инверсный. 4. стабильный.
20	При прямом включении p- n- перехода движение каких носителей заряда определяет прямой ток?	1. неосновных носителей заряда. 2. электронов и отрицательно заряженных ионов. 3. основных носителей заряда. 4. дырок и положительно заряженных ионов.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и практических, лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и практических, лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные

	ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.
--	--

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

6.3.3. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсовой работы

Студент выполняет курсовую работу / курсовой проект в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не выполнил курсовую работу в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы	Студент выполнил курсовую работу с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки	Студент выполнил курсовую работу с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины	Студент выполнил курсовую работу полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Физические основы электроники: Учебное пособие / В.В. Умрихин; Уником Сервис. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 304 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Технологический сервис). <http://znanium.com/bookread2.php?book=316836>
2. Бобылев, Ю.Н. Физические основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Н. Бобылев. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2005. — 290 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3486>. — Загл. с экрана. <https://e.lanbook.com/reader/book/3486/#1>
3. Физические основы микро- и наноэлектроники [Текст] : учеб.-метод. комплекс для студентов 210601 / сост. О. В. Денисова. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 145, [1] с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 16 (8 назв.). - Б. ц.
http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_static_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%90%2088549%2F%D0%A4%2050%2D801317<.>
4. Смирнов, Ю.А. Физические основы электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 560 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5856>. — Загл. с экрана. <https://e.lanbook.com/reader/book/5856/#1>

7.1.2. Дополнительная литература

1. Электронные приборы и устройства : учебник / Ф.А. Ткаченко. — Минск : Новое знание; М. : ИНФРАМ, 2017. — 682 с. : ил. — (Высшее образование). <http://znanium.com/bookread2.php?book=636283>

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Растворова, Ирина Ивановна. Электроника и наноэлектроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. И. Растворова, В. Г. Терехов. - СПб. : Горн. ун-т, 2016. - 205 с. : рис., табл. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Библиогр.: с. 203 (9 назв.). - Предм. указ.: с. 204. - ISBN 978-5-94211-763-4 : Б. ц.
http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_static_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=32%2E85%2F%D0%A0%2024%2D333757322<.>
2. Физические основы микро- и наноэлектроники [Текст] : учеб.-метод. комплекс для студентов 210601 / сост. О. В. Денисова. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 145, [1] с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 16 (8 назв.). - Б. ц.
http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_static_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%90%2088549%2F%D0%A4%2050%2D801317<.>

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

- БД JSTOR полнотекстовая база англоязычных научных журналов www.jstor.org
- Научная электронная библиотека www.eLibrary.ru (доступ к полным текстам ряда научных журналов с 2007 по 2011 г.)
- 1. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
- 2. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru>
- 3. Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы им. М.И.Рудомино <http://www.libfl.ru>
- 4. Библиотека Академии Наук <http://www.rasl.ru>
- 5. Библиотека РАН по естественным наукам <http://www.benran.ru>

6. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru>
 7. Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения РАН <http://www.spsl.nsc.ru/>
 8. Центральная научная библиотека Дальневосточного отделения РАН <http://lib.febras.ru>
 9. Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН <http://www.uran.ru>
 10. Библиотека Конгресса <http://www.loc.gov/index.html>
 11. Британская национальная библиотека <http://www.bl.uk>
 12. Французская национальная библиотека <http://www.bnf.fr>
 13. Немецкая национальная библиотека <http://www.ddb.de>
 14. Библиотечная сеть учреждений науки и образования RUSLANet <http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcls/resources>
 15. Центральная городская универсальная библиотека им. В.Маяковского <http://www.pl.spb.ru>
 16. Научная библиотека им. М.Горького Санкт-Петербургского Государственного университета (СПбГУ) <http://www.lib.pu.ru>
- Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета (СПбГПУ) <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитории для проведения лекционных занятий.

48 посадочных мест

Оснащенность: Стол аудиторный для студентов – 25 шт., стул – 48 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стойка мобильная – 1 шт., экран SCM-16904 Champion – 1 шт., проектор XEED WUX450ST – 1 шт., ноутбук 90NB0AQ2-M01400 – 1 шт., источник бесперебойного питания Protection Station 800 USB DIN – 1 шт., доска настенная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 6 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 8 Professional (ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники», Microsoft Office 2007 Professional Plus (Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

Аудитории для проведения практических занятий.

16 посадочных мест

Оснащенность: Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) - 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) - 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) - 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 - 17 шт., (возможность доступа к сети «Интернет»), плакат - 5 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus; CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО), Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная –

1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» , Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» , Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 , Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 , Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 , Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 .

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 .

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» ,

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1.

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт.,сетевой накопитель – 1 шт.,источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стула – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011).

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).

4. LabView Professional, ГК №1142912/09 от 04.12.2009 "На поставку программного обеспечения".

ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры Электронных систем от 25.01.2021 года, протокол №7.

Заведующий кафедрой _____ д-р.техн. И.И. Растворова
наук

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры Электронных систем от _____ года, протокол №_____.

Заведующий кафедрой _____ д-р.техн. И.И. Растворова
наук

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры Электронных систем от _____ года, протокол №_____.

Заведующий кафедрой _____ д-р.техн. И.И. Растворова
наук

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры Электронных систем от _____ года, протокол №_____.

Заведующий кафедрой _____ д-р.техн. И.И. Растворова
наук

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры Электронных систем от _____ года, протокол №_____.

Заведующий кафедрой _____ д-р.техн. И.И. Растворова
наук

