

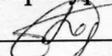
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Электронные приборы»

«СОГЛАСОВАНО»

Директор института
магистратуры и аспирантуры

 / О.А. Бодрон
«09» 06 2020 г

Заведующий кафедрой ЭП

 / М.В. Чиркин
«09» 06 2020 г

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

/ А.В. Корячко

06 2020 г



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04 «Эмиссионная электроника»

Направление подготовки
11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) подготовки
Электронные приборы и устройства

Уровень подготовки
Магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника»,

утвержденного 22.09.2017 №959

Разработчики

д.ф.-м.н., профессор кафедры «Электронные приборы»

С.С. Волков

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

« 09 » 06 2020 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой «Электронные приборы»

д.ф. - м.н., профессор

М.В. Чиркин

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

Рабочая программа по дисциплине «Эмиссионная электроника» (Б1.В.04) является составной частью основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) академической магистратуры, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень магистратуры), утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.10.2014 № 1407.

Цель освоения дисциплины - расширение и углубление теоретической подготовки по физической электронике в области закономерностей различных видов эмиссии электронов с поверхности твердого тела.

Задачи дисциплины:

1. Освоение методов исследования и расчета эмиссионных процессов в электронных приборах применительно к научно-исследовательской работе и практическим приложениям;
2. Овладение моделями эмиссионной электроники в классической, статистической и квантово-механической формах с четким определением границ применимости физических концепций и теоретических моделей;
3. Расширение научного кругозора и эрудиции магистрантов, развитие возможностей интерпретировать явления, обусловленные электронными процессами на поверхности твердого тела;
4. Формирование навыков изложения научного, экспериментального и теоретического материала в виде докладов, презентаций, научных публикаций;
5. Закрепление навыков самостоятельной учебной деятельности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
	ПК-1. Готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	<u>Знать:</u> инновационные и вариативные концепции, модели и пути развития научных исследований в области изучения эмиссионных процессов в соответствии с перспективами развития электроники, наноэлектроники и нанотехнологий. <u>Уметь:</u> формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач. <u>Владеть:</u> аналитической информацией в области перспектив и тенденций развития научных основ изучения эмиссионных процессов.
	ПК-4. Способность к орга-	<u>Знать:</u> основные методы ана-

	низации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	<p>лиза и экспериментальных исследований в соответствии с поставленной задачей.</p> <p><u>Уметь:</u> анализировать, систематизировать и обобщать результаты теоретических и экспериментальных научных исследований, обосновывать выводы, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники.</p> <p><u>Владеть:</u> основами современных методов анализа экспериментальных исследований эмиссионных процессов в электронных приборах</p>
	ПК-5. Способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	<p><u>Знать:</u> основные методы анализа, обобщения и систематизации результатов экспериментальных исследований в соответствии с поставленной задачей.</p> <p><u>Уметь:</u> анализировать, систематизировать и обобщать результаты теоретических и экспериментальных научных исследований, обосновывать выводы, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники.</p> <p><u>Владеть:</u> современными методами критического анализа научной информации; обобщения в виде научно-обоснованных выводов; методиками подготовки материалов в виде научных публикаций и заявок на изобретения.</p>

2. Место дисциплины структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Эмиссионная электроника» (Б1.В.04) относится к вариативной части блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана направления подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»; ОПОП «Электронные приборы и устройства».

Дисциплина «Эмиссионная электроника» базируется на следующих дисциплинах учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»: «Численные методы решения задач электроники», «Основы статистической физики», «Физические основы электроники», «Физика конденсированного состояния», «Материалы электронной техники», «Основы технологии электронной компонентной базы».

Дисциплина изучается магистрантами по очной форме обучения на 1-м курсе, в 1-м семестре. Требования к входным знаниям совпадают с требованиями к освоению перечис-

ленных выше предшествующих дисциплин ОПОП подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника».

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

знать: основные закономерности движения заряженных частиц, основы статистической физики, электронной теории твердого тела, основные виды и закономерности электронных эмиссий, типы электронных эмиттеров,

уметь: применять полученные знания при изучении принципов и особенностей работы электровакуумных и газоразрядных приборов.

владеть: навыками математического моделирования электронных процессов.

Дисциплина «Эмиссионная электроника» является основой для дальнейшего изучения дисциплин «Опτικο-электронные приборы и устройства» (Б1.1.В.03), «Расчет и проектирование электронно-оптических систем» (Б1.1.В.02), «Расчет и проектирование микроволновых приборов и устройств» (Б1.1.В.05а), а также подготовки выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (ЗЕ) или 108 часов.

Вид учебной работы	Всего часов		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	108	-	-
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	54	-	-
Лекции	26	-	-
Лабораторные работы	-	-	-
Практические занятия	28	-	-
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	54	-	-
Курсовой проект/ курсовая работа	-	-	-
Подготовка к экзамену, консультации	-	-	-
Консультации в семестре	7	-	-
Иные виды самостоятельной работы	47	-	-
Вид промежуточной аттестации обучающихся:	зачет	-	-

4. Содержание дисциплины

4.1. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение.

Структура и содержание курса, его отношение к другим дисциплинам. Обзор различных видов электронной эмиссии, основные эмиссионные процессы и их характеристики. Экспериментальная техника эмиссионной электроники.

Тема 2. Заряженные частицы в электрических и магнитных полях.

Объемные заряды и движение заряженных частиц в вакууме. Закон «трех вторых». Вольт-амперная характеристика плоского диода с учетом Максвелловского распределения скоростей термоэлектронов. Виртуальный катод. Закономерности движения заряженных частиц в магнитном поле и в скрещенных электрическом и магнитном полях.

Тема 3. Термоэлектронная эмиссия.

Потенциальный барьер на границе твердого тела, причины его возникновения, работа выхода. Влияние внешнего электрического поля и адсорбированных на поверхности атомов на потенциальный порог и работу выхода. Эффект Шоттки. “Поле пятен” и аномальный эффект Шоттки. Зависимость работы выхода от степени покрытия поверхности электроположительным адсорбатом. Теория Лэнгмюра-Герни. Термодинамический вывод основного уравнения термоэлектронной эмиссии (уравнение Ричардсона-Дэшмана). Статистический вывод основного уравнения термоэлектронной эмиссии. Приведенный коэффициент прозрачности диода. Измерение термоэлектронных характеристик веществ. Влияние внешнего электрического поля на термоэлектронную эмиссию металлов. Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию полупроводников. Влияние тонких пленок, адсорбированных поверхностью металла на его термоэлектронную эмиссию. Распределение термоэлектронов по скоростям. Термоэлектронная эмиссия тугоплавких веществ, покрытых пленками щелочных и щелочноземельных металлов. Эффективные термокатоде. Антиэмиссионные покрытия. Термоэлектронные преобразователи тепловой энергии в электрическую. Методы экспериментальной регистрации работы выхода и прозрачности потенциального барьера.

Тема 4. Автоэлектронная эмиссия .

Механизм автоэлектронной эмиссии из металлов. Особенности туннельного эффекта на границе «металл – вакуум». Формула Фаулера – Нордгейма и ее экспериментальная проверка. Полевые микроскопы-проекторы: электронный и ионный. Энергетические спектры электронов при полевой эмиссии. Автоэлектронная эмиссия полупроводников. Электронные эмиссии, вызываемые сильными электрическими полями в эмиттере. Эмиссия горячих электронов. Электронная эмиссия тонких диэлектрических слоев при наличии в них сильного электрического поля. Взрывная эмиссия как стадия перехода от автоэлектронной эмиссии к вакуумному пробую. Применение автоэлектронной эмиссии. Современные автоэлектронные эмиттеры. Разновидности ненакаливаемых катодов на основе МДМ и полупроводниковых структур.

Тема 5. Фотоэлектронная эмиссия.

Фотоэлектронная эмиссия металлов, теория Фаулера. Селективный фотоэффект. Квантовомеханическая теория фотовозбуждения электронов твердого тела. Фотоэлектронная эмиссия полупроводников. Фотоэлектронная эмиссия щелочно-галогенидных соединений. Эффективные фотокатоды, эмиттеры с отрицательным электронным сродством.

Тема 6. Вторичная электронная эмиссия.

Методы исследования вторичной электронной эмиссии. Коэффициент вторичной эмиссии, его зависимость от энергии первичных электронов. Отражение электронов. Закономерности истинной вторичной электронной эмиссии. Оже-электроны. Исследование закономерностей движения электронов в твердых телах методом тонких пленок. Полуфеноменологические модели вторичной электронной эмиссии. Вторичная эмиссия диэлектриков и полупроводников, особенности и методы её измерения. Эффективные эмиттеры вторичных электронов. Антидинаatronные покрытия.

Тема 7. Ионно-электронная эмиссия.

Взаимодействия ионов с поверхностью твердого тела. Кинематика упругого отражения ионов от поверхности твердого тела. Энергетические спектры обратно рассеянных ионов. Методы исследования явлений, происходящих при взаимодействии ионов с поверхностью тел. Потенциальная ионно-электронная эмиссия. Кинетическая ионно-электронная эмиссия. Резерфордское рассеяние быстрых ионов и рассеяние ионов

низких энергий: особенности и применение. Ионно-ионная эмиссия. Основные закономерности и механизм ионного распыления.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	лекции	Практ	лабор	
1	Введение в эмиссионную электронику	2	2	2	-	-	-
2	Заряженные частицы в электрических и магнитных полях	8	4	2	2	-	4
3	Термоэлектронная эмиссия	24	14	6	8	-	10
4	Автоэлектронная эмиссия	16	8	4	4	-	8
5	Фотоэлектронная эмиссия	16	8	4	4	-	8
6	Вторичная электронная эмиссия	19	10	4	6	-	9
7	Ионно-электронная эмиссия	16	8	4	4	-	8
8	Консультации в семестре	7	-	-	-	-	7
9	Экзамен	-	-	-	-	-	
	Всего:	108	54	26	28	-	54

4.3. Виды практических и самостоятельных работ

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Заряженные частицы в электрических и магнитных полях	Самостоятельная работа обучающегося	Объемные заряды и движение заряженных частиц в вакууме. Закон «трех вторых». Закономерности движения заряженных частиц в электромагнитных полях.	4
		Практическая работа	Закономерности движения заряженных частиц в магнитном поле и в скрещенных электрическом и магнитном полях.	2
2	Термоэлектронная эмиссия	Самостоятельная работа обучающегося	Потенциальный барьер на границе твердого тела, причины его возникновения, работа выхода. Влияние внешнего электрического поля и адсорбированных на поверхности атомов на потенциальный порог и работу выхода. Эффект Шоттки.	5

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
			Статистический вывод основного уравнения термоэлектронной эмиссии. Влияние внешнего электрического поля на термоэлектронную эмиссию металлов. Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию полупроводников. Распределение термоэлектронов по скоростям.	5
		Практическая работа	Основное уравнение термоэлектронной эмиссии (уравнение Ричардсона-Дэшмана). Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию. Распределение термоэлектронов по скоростям.	10
4	Автоэлектронная эмиссия	Самостоятельная работа обучающегося	Механизм автоэлектронной эмиссии из металлов. Особенности туннельного эффекта на границе «металл – вакуум». Формула Фаулера – Нордгейма и ее экспериментальная проверка. Энергетические спектры электронов при полевой эмиссии. Автоэлектронная эмиссия полупроводников.	8
		Практическая работа	Туннельный эффект на границе «металл – вакуум». Формула Фаулера – Нордгейма.	4
5	Фотоэлектронная эмиссия	Самостоятельная работа обучающегося	Фотоэлектронная эмиссия металлов, теория Фаулера. Квантовомеханическая теория фотовозбуждения электронов твердого тела. Фотоэлектронная эмиссия полупроводников. Эффективные фотокатоды, эмиттеры с отрицательным электронным средством.	8
		Практическая работа	Теория Фаулера. Селективный фотоэффект. Квантовомеханическая теория фотовозбуждения электронов твердого тела.	4
6	Вторичная электронная эмиссия	Самостоятельная работа обучающегося	Методы исследования вторичной электронной эмиссии. Коэффициент вторичной эмиссии. Отражение электронов.	9

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
		Практическая работа	Закономерности вторичной электронной эмиссии. Оже-электроны. Модели вторичной электронной эмиссии.	6
7	Ионно-электронная эмиссия	Самостоятельная работа обучающегося	Взаимодействия ионов с поверхностью твердого тела. Энергетические спектры обратно рассеянных ионов. Методы исследования явлений, происходящих при взаимодействии ионов с поверхностью тел. Потенциальная ионно-электронная эмиссия. Кинетическая ионно-электронная эмиссия. Основные закономерности и механизм ионного распыления.	8
		Практическая работа	Кинематика упругого отражения ионов от поверхности твердого тела. Резерфордское рассеяние быстрых ионов и рассеяние ионов низких энергий	4
8	Консультации в семестре	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к теоретическому зачету	7

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельных занятий

Учебные пособия, рекомендуемые для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Эмиссионная электроника», содержат необходимый теоретический материал для подготовки аналитических отчетов по самостоятельной работе, другие рекомендованные пособия содержат задачи для подготовки к практическим занятиям и самостоятельного решения. Разработан комплект тестовых заданий с возможными вариантами ответов по каждому из разделов дисциплины. Результаты решения задач в форме контрольных работ и ответы на вопросы тестовых заданий являются исходными данными для контроля формирования контролируемых компетенций (п.1).

1. Владимир Г.Г. Физическая электроника. Ч. 1. Термоэлектронная эмиссия. Учебно-методическое пособие. Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та, 2007, 187 с.
2. Эмиссионная электроника / Н. Н. Коваль, Е. М. Окс, Ю. С. Протасов, Н. Н. Семашко ; под ред. Ю. С. Протасова — М. : Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2009. – 595 с.
3. Проскуровский Д.И. Эмиссионная электроника. Изд-во Томского гос. ун-та, 2010, 288 с.
4. Шука А.А. Электроника. СПб: БХВ-Петербург, 2008. – 752 с.
5. Физические основы электронной техники. Методические указания к лабораторным работам, Рязань, РГРТА, N 2742, 1998.
6. Физические основы электронной техники, ч.2. Методические указания к лабораторным работам, Рязань, РГРТА, N 2889, 1999.
7. Шуппе Г.Н. Вопросы электронных и ионных эмиссий (уч. пособие). - Рязань: РРТИ, 1986. - 84 с.

Перечень учебно-методического обеспечения практических занятий

1. Владимиров Г.Г. Физическая электроника. Ч. 1. Термоэлектронная эмиссия. Учебно-методическое пособие. Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та, 2007, 187 с.
2. Эмиссионная электроника / Н. Н. Коваль, Е. М. Окс, Ю. С. Протасов, Н. Н. Семашко ; под ред. Ю. С. Протасова — М. : Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2009. – 595 с.
3. Проскуровский Д.И. Эмиссионная электроника. Изд-во Томского гос. ун-та, 2010, 288 с.
4. Шуппе Г.Н. Вопросы электронных и ионных эмиссий (уч. пособие). - Рязань: РРТИ, 1986. - 84 с.

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

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Эмиссионная электроника»).

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная учебная литература:

1. Владимиров Г.Г. Физическая электроника. Ч. 1. Термоэлектронная эмиссия. Учебно-методическое пособие. Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та, 2007, 187 с.
2. Эмиссионная электроника / Н. Н. Коваль, Е. М. Окс, Ю. С. Протасов, Н. Н. Семашко ; под ред. Ю. С. Протасова — М. : Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2009. – 595 с.
3. Проскуровский Д.И. Эмиссионная электроника. Изд-во Томского гос. ун-та, 2010, 288 с.
4. Щука А.А. Электроника. СПб: БХВ-Петербург, 2008. – 752 с.

Дополнительная учебная литература:

1. Фридрихов С.А., Мовнин С.М. Физические основы электронной техники.-М.: Высшая школа, 1982.- 608 с.
2. Соболев В.Д. Физические основы электронной техники.-М.: Энергия, 1979.- 448 с.
3. Добрецов Л.И., Гомоюнова М.В. Эмиссионная электроника. М.: Наука, 1966.- 564 с.
4. Шимони К. Физическая электроника.- М.: Энергия, 1977.- 607 с.
5. Епифанов Г.И. Физические основы микроэлектроники.- М.: Сов. радио. 1971. - 376 с.
6. Шуппе Г.Н. Физические основы электронной техники (уч. пособие). -Рязань: РРТИ, 1982, - 140 с.
7. Шуппе Г.Н. Вопросы электронных и ионных эмиссий (уч. пособие). - Рязань: РРТИ, 1986. - 84 с.

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Материал каждой лекции рекомендуется изучать в день ее прочтения лектором, когда она еще не забыта. При этом необходимо использовать конспект и рекомендованную литературу. Использовать литературу необходимо для углубленного изучения материала лекции и для уточнения тех мест, которые в конспекте оказались записаны недостаточно понятно. В конспекте каждой лекции необходимо оставлять чистое место и конспектировать в нем изученную литературу, чтобы при подготовке к текущей, промежуточной или итоговой аттестации можно было повторить всю тему. Лектором в течение всего семестра проводятся консультации по лекционному материалу и самостоятельной работе.

Каждую тему, предусмотренную планом самостоятельной работы, следует изучать самостоятельно в течение отведенных для ее изучения двух недель с помощью рекомендованной литературы. Все возникающие при этом вопросы надо записывать, чтобы получить

на них ответы на консультации. По каждой теме для каждой учебной группы лектор проводит консультации в конце ее изучения (один раз в две недели). Расписание консультаций вывешивается на весь семестр на доске объявлений лаборатории по дисциплине. В конце консультации проводится тест по теме, при успешном прохождении которого тема считается изученной.

К каждому практическому занятию надо готовиться с помощью конспекта лекций по теме работы, изучения рекомендованной литературы и методических рекомендаций к практическим занятиям.

В конце семестра при подготовке к аттестации студент должен повторить изученный в семестре материал и в ходе повторения обобщить, сформировав цельное представление о нем. Следует иметь в виду, что на подготовку к промежуточной аттестации времени бывает очень мало, поэтому начинать эту подготовку надо заранее, не дожидаясь последней недели семестра.

Следует всегда помнить, что залог успеха студента в учебе – планомерная работа в течение всего семестра и своевременное выполнение всех видов работы.

9. Перечень информационных и образовательных технологий

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» при изучении магистрантами дисциплины «Эмиссионная электроника» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой преподавателя и студента.

Изучение дисциплины предусматривает применение активных форм проведения занятий с целью формирования и развития общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся. При проведении самостоятельной работы обучающихся используются следующие информационные технологии:

- доступ в сеть Интернет, обеспечивающий, поиск актуальной научно-методической и научно-технической информации;

- необходимое программное обеспечение для выполнения программы дисциплины, установленное в вузе, а также для выполнения самостоятельной работы в домашних условиях;

Необходимое программное обеспечение:

1. Операционная система Windows;

2. Пакет Microsoft Office или иное свободно распространяемое программное обеспечение.

При организации самостоятельной работы студентов используется комплекс учебных и учебно-методических материалов в сетевом доступе (программа, методические пособия, список рекомендуемых источников литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме и вопросы для самоконтроля). Принятая технология обучения базируется на интерактивной работе в аудитории, когда в процессе лекций и практических занятий, дополняемых самостоятельной работой обучаемых, в том числе и с участием преподавателя, выполняется серия экспресс-заданий, совокупность которых позволяет практически применить полученные знания, развивая компетенции, предусмотренные для данной дисциплины.

Проведение ряда занятий осуществляется с использованием компьютеров и мультимедийных средств, наглядных пособий, а также раздаточных материалов.

10. Описание материально-технической базы, необходимой при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для преподавания дисциплины необходима следующая материально-техническая база:

1. Лекции – аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер), комплект электронных презентаций.
2. Практические занятия – аудитория, оснащенная персональными компьютерами с программным обеспечением, соответствующим требованиям п. 9.

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 – Электроника и микроэлектроника (уровень магистратуры).

Программу составил:
д.ф.-м.н., профессор

Волков С.С.