

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Физическая электроника Б1.Б.31

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Лунев И.В.

Рецензент(ы):

Насыров И.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 6185719

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) главный инженер проекта Лунев И.В. Федеральный центр коллективного пользования физико-химических исследований веществ и материалов Приволжского Федерального округа КФУ, Lounev75@mail.ru

1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины "Физическая электроника" состоит в ознакомлении с:

- физическими процессами, происходящими при эмиссии заряженных частиц с поверхности твердых тел;
- с законами движения этих частиц в вакууме и газе под действием электрических и магнитных полей,
- с процессами, происходящими в твердых телах при движении в их окрестности потока заряженных частиц;
- с использованием этих явлений при создании различных электронных приборов, в овладении методами расчета основных параметров приборов вакуумной электроники.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.31 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Курс предназначен для студентов 4 курса, 7 семестр

Б3.Б.12 Профессиональный цикл

Для освоения дисциплины "Физическая электроника" необходимы знания по курсам: "Основы радиоэлектроники", "Молекулярная физика", "Электричество и магнетизм", "Колебания и волны".

Освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее для курсов: "Радиофизика и электроника", "Электродинамика СВЧ", "Радиотелекоммуникационные сети", "Физика диэлектриков".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- условия возникновения эмиссии с поверхности твердых тел, основные виды эмиссии и их законы;
- особенности движения заряженных частиц в электрических и магнитных полях, методы и возможности фокусировки и управления потоком заряженных частиц;
- устройство и особенности электронных приборов, предназначенных для отображения и преобразования изображений, а также для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.

2. должен уметь:

- рассчитывать основные параметры вакуумных электронных приборов;
- оценивать области применения вакуумных приборов различных типов.

3. должен владеть:

полученными знаниями для практического применения в научно-исследовательской работе.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

решать задачи вакуумной и физической электроники, разбираться в теоретических и практических основах создания современных приборов физической и технической электроники.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Общее понятие о вакуумных приборах.	7	1	4	0	0	
2.	Тема 2. Виды электронной эмиссии.	7	2	4	0	0	Реферат
3.	Тема 3. Движение электронов в статических полях.	7	3	4	0	0	
4.	Тема 4. Прохождение тока в вакууме.	7	4	4	0	0	
5.	Тема 5. Принципы электростатической фокусировки электронного потока.	7	5	4	0	0	Коллоквиум
6.	Тема 6. Осциллографическая трубка.	7	6	4	0	0	
7.	Тема 7. Физические процессы в газовом разряде. Приборы СВЧ диапазона.	7	7	4	0	0	
8.	Тема 8. Отражательный и пролетный клистроны.	7	8	4	0	0	
9.	Тема 9. Магнетрон. Лампы бегущей и обратной волны.	7	9	4	0	0	Коллоквиум

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
10.	Тема 10. Работа ♦1. Исследование некоторых элементов волноводной техники	7	10	0	0	4	
11.	Тема 11. Работа ♦2. Измерение диэлектрических констант в дециметровом и сантиметровом диапазонах с помощью измерительной линии	7	11	0	0	4	
12.	Тема 12. Работа ♦3. Измерение диэлектрических констант гетерогенных диэлектриков	7	12	0	0	4	
13.	Тема 13. Работа ♦4. Исследование магнитоуправляемого ответвителя	7	13	0	0	4	
14.	Тема 14. Работа ♦5. Эффект Фарадея	7	14	0	0	4	
15.	Тема 15. Работа ♦6. Временная диэлектрическая спектроскопия	7	15	0	0	4	
16.	Тема 16. Работа ♦7. Кинетика явлений намагничивания	7	16	0	0	4	
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			36	0	28	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Общее понятие о вакуумных приборах.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Особенности вакуумных приборов. Общее устройство и классификация вакуумных приборов. Энергетическое строение твердых тел. Работа выхода. Методы уменьшения работы выхода.

Тема 2. Виды электронной эмиссии.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Термоэлектронная эмиссия. Термокатоды, их конструкция и характеристики. Эффект Шоттки. Фотоэлектронная эмиссия и ее законы. Вторичная электронная эмиссия. Автоэлектронная (электростатическая) эмиссия. Закон степени "трех-вторых". Идеальная и реальная анодная характеристика электровакуумного прибора.

Тема 3. Движение электронов в статических полях.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Движение электронов в статическом электрическом поле. Движение электронов в статическом магнитном поле. Законы движения электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях.

Тема 4. Прохождение тока в вакууме.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Наведенный и конвекционный ток. Связь наведенного и конвекционного токов. Классификация, общее устройство и принцип работы электронно-лучевых приборов. Электронный прожектор.

Тема 5. Принципы электростатической фокусировки электронного потока.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Электронные линзы. Электростатические фокусирующие системы. Принципы магнитной фокусировки электронного потока. Магнитные фокусирующие системы. Электростатические отклоняющие системы. Магнитные отклоняющие системы. Чувствительность отклоняющей системы.

Тема 6. Осциллографическая трубка.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Телевизионная трубка - кинескоп. Радиолокационная трубка. Устройство и принцип работы. Электривакуумные фотоэлектронные приборы. Фотоэлектронный умножитель. Электронно-оптический преобразователь.

Тема 7. Физические процессы в газовом разряде. Приборы СВЧ диапазона.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Газоразрядные плазменные панели. Ионизационная камера и счетчики ионизирующего излучения. Принцип действия приборов СВЧ диапазона. Угол пролета электронов. Динамическое управление электронным потоком. Модуляция по скорости и по плотности.

Тема 8. Отражательный и пролетный клистроны.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Принцип действия, устройство и характеристики отражательного клистрона. Принцип действия, устройство и характеристики многорезонаторного пролетного клистрона.

Тема 9. Магнетрон. Лампы бегущей и обратной волны.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Принцип действия, устройство и характеристики магнетрона. Принцип действия, устройство и характеристики ламп бегущей и обратной волны. Катоды Спиндта. Их применение в вакуумной микроэлектронике.

Тема 10. Работа ♦1. Исследование некоторых элементов волноводной техники

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Работа выполняется на одной из двух измерительных высокочастотных установок сантиметрового или дециметрового диапазона волн. Высокочастотный тракт каждой установки собран на волноводе прямоугольного сечения и состоит, в основном, из возбуждающей волноводной головки с переходом на коаксиальную линию, волноводной измерительной линии, поглощающего ножевого ослабителя и оконечного устройства, в качестве которого применяется согласованная волноводная нагрузка (адсорбер) или короткозамыкающая пластина. К каждой установке прилагается набор индуктивных и емкостных диафрагм.

Тема 11. Работа ♦2. Измерение диэлектрических констант в дециметровом и сантиметровом диапазонах с помощью измерительной линии

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Экспериментальная часть работы состоит из двух этапов: измерение диэлектрической проницаемости в дециметровом диапазоне частот, измерение высокопотерных диэлектриков методом частичного заполнения сечения волновода на сверхвысоких частотах.

Тема 12. Работа ♦3. Измерение диэлектрических констант гетерогенных диэлектриков

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Измерение параметров гетерогенных диэлектриков производится с помощью установки, состоящей из генератора, аттенюатора, резонатора, детектора и индикатора. В качестве индикатора используется микроамперметр.

Тема 13. Работа ♦4. Исследование магнитоуправляемого ответвителя

лабораторная работа (4 часа(ов)):

В работе рассматривается поведение ферритов в переменных магнитных полях, невзаимные явления в волноводах, содержащих ферриты, принцип действия и конструкция ферритовых вентилей, цилиндрического ферритового стержня в прямоугольном волноводе.

Тема 14. Работа ♦5. Эффект Фарадея**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Измерение поляризационных характеристик электромагнитной волны - ее эллиптичности и угла поворота применяется в антенных измерениях и может быть проведено рядом способов. В работе используется прямой метод определения поляризационных характеристик - метод линейно поляризованной антенны, и ставится задача определения эллиптичности и углов поворота в зависимости от магнитного поля, а также проверки необратимости эффекта Фарадея. В установке в качестве образца используется ферритовый стержень.

Тема 15. Работа ♦6. Временная диэлектрическая спектроскопия**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Измерение комплексной диэлектрической проницаемости производится методом временной диэлектрической спектроскопии с помощью измерительной системы "Диполь".

Тема 16. Работа ♦7. Кинетика явлений намагничивания**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

В настоящей работе применена комбинация проходного и отражательного методов детектирования сигнала. Примерами технического осуществления указанных схем могут служить используемая в настоящей работе установка или, так называемая, бимодальная полость. Используется резонатор или короткозамкнутый волновод, включенный в качестве оконечной нагрузки. Измерения коэффициента отражения связываются с параметрами исследуемого образца.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Виды электронной эмиссии.	7	2	подготовка к реферату	12	реферат
5.	Тема 5. Принципы электростатической фокусировки электронного потока.	7	5	подготовка к коллоквиуму	16	коллоквиум
9.	Тема 9. Магнетрон. Лампы бегущей и обратной волны.	7	9	подготовка к коллоквиуму	16	коллоквиум
	Итого				44	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий:

- разбор конкретных ситуаций;
- подготовка и представление докладов и презентаций;
- проведение блиц-опросов;
- мастер-классы экспертов и специалистов.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Общее понятие о вакуумных приборах.

Тема 2. Виды электронной эмиссии.

реферат , примерные темы:

1. Определение удельного заряда электрона методом магнетрона. 2. Термоэлектронная эмиссия. 3. Фотоэлектронная эмиссия. 4. Явление автоэлектронной эмиссии. 5. Виды газового разряда и применение их в современных технологиях. 6. Основные методы исследования характеристик плазмы. 7. Контактная разность потенциалов, ее проявление в электрических схемах. 8. Применение электронных приборов в усилительных схемах. 9. Сканирующий туннельный микроскоп. Применения последних достижений вакуумной микроэлектроники в науке и технике. 10. Современные генераторы СВЧ и их применение в науке, промышленности и бытовой технике. 11. Современные конструкции и принципы работы плазменных и жидкокристаллических мониторов. 12. Эффект Холла.

Тема 3. Движение электронов в статических полях.

Тема 4. Прохождение тока в вакууме.

Тема 5. Принципы электростатической фокусировки электронного потока.

коллоквиум , примерные вопросы:

1. Какая модель лежит в основе зонной модели твердого тела ? 2. Какое уравнение используется при выводе уравнения термоэлектронной эмиссии 3. Разница между какими уровнями энергии есть работа выхода электрона с поверхности металла 4. Запишите правильное уравнение термоэлектронной эмиссии? 5. Какова ширина запрещенной зоны в металлических катодах 6. Какое влияние оказывает электроотрицательность пленок, покрывающих металлические катоды, на работу выхода? 7. Как объясняется уменьшение работы выхода в оксидных катодах? 8. Чем отличаются законы Столетова и Эйнштейна при рассмотрении фотоэлектронной эмиссии металлов? 9. Какой процент эмиссии вторичных электронов вылетает из металла по сравнению с другими неупругоотраженными и упруго отраженными первичными электронами эмиссии? 10. Какова должна быть величина напряженности внешнего электрического поля, приложенного к узкому участку металла для наблюдения автоэлектронной эмиссии 11. По какой причине происходит ограничение величины анодного тока в вакуумном диоде при движении электронов от катода к аноду 12. Какие физические величины связывает между собой закон трех вторых? 13. Каким выражением определяется крутизна ВАХ характеристики в вакуумном диоде? 14. Какое уравнение определяют статическую и динамическую характеристику триода? 15. В каких целях применяется триод? 16. В чем состоит проявление динаatronного эффекта в тетроде? 17. Какое количество сеток в лучевом тетроде 18. В какой последовательности от катода к аноду поставлены сетки в пентоде? 19. Какой тип эмиссии в катоде Спиндта?

Тема 6. Осциллографическая трубка.

Тема 7. Физические процессы в газовом разряде. Приборы СВЧ диапазона.

Тема 8. Отражательный и пролетный клистроны.

Тема 9. Магнетрон. Лампы бегущей и обратной волны.

коллоквиум , примеры:

1. В чем состоит отличие конвекционного и наведенного токов при перемещении отдельного электрона в междуэлектронном пространстве? 2. Какова траектория движения заряженных частиц в электрическом поле при условиях: 1). $E > 0$ 2). $E = 0$ 3). $E < 0$ 3. Какова траектория движения заряженных частиц в однородном магнитном поле? 4. Какова траектория движения заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях? 5. Указать правильную запись закона электронного оптического преломления? 6. Указать правильное уравнение для фокусных расстояний сферического электрического двойного слоя 7. По каким признакам отличают электростатические линзы от магнитных? 8. Указать правильную запись выражения коэффициента ионизации Таунсена? 9. За счет каких физических явлений экспериментальный коэффициент усиления тока в газоразрядном промежутке лампы больше по сравнению с теоретическим? 10. Какое выражение представляет собой условие зажигания разряда (закон Пашена)? 11. Перечислить требования, предъявляемые к лампам, предназначенным для работы в СВЧ-диапазоне? 12. В чем состоит физический смысл τ времени и θ угла пролета электронов устройств СВЧ диапазона? 13. Сколько резонаторов в пролетном клистроне, и какие функции они выполняют? 14. Сколько резонаторов в отражательном клистроне, и какие функции они выполняют? 15. Указать правильное выражение для силы, действующей на электрон в скрещенных электрическом и магнитном полях? 16. Какое количество резонаторов может быть в анодном резонаторном блоке? 17. Как направлены скорость электронов, фазовая скорость и групповая скорость в лампе бегущей волны? 18. Как направлены скорость электронов, фазовая скорость и групповая скорость в лампе обратной волны? 19. В чем состоит физический смысл работы катода Спиндта? 20. Каковы физические размеры катодов Спиндта? 21. Какое увеличение имеет сканирующий туннельный микроскоп (СТМ)?

Тема 10. Работа ♦1. Исследование некоторых элементов волноводной техники

Тема 11. Работа ♦2. Измерение диэлектрических констант в дециметровом и сантиметровом диапазонах с помощью измерительной линии

Тема 12. Работа ♦3. Измерение диэлектрических констант гетерогенных диэлектриков

Тема 13. Работа ♦4. Исследование магнитоуправляемого ответвителя

Тема 14. Работа ♦5. Эффект Фарадея

Тема 15. Работа ♦6. Временная диэлектрическая спектроскопия

Тема 16. Работа ♦7. Кинетика явлений намагничивания

Итоговая форма контроля

зачет (в 7 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

Примерные вопросы к зачету:

1. Энергетическая модель атомов и твердых тел. Зонная модель твердого тела. Электроны в металлах, диэлектриках, полупроводниках.
2. Электрический ток в высоком вакууме при незначительном объемном заряде. Конвекционный и наведенный ток при перемещении электрона в междуэлектродном пространстве.
3. Термоэлектронная эмиссия: распределение электронов по скоростям Максвелла-Больцмана и Ферми-Дирака.
4. Траектории заряженных частиц в однородном электрическом поле. Пример.
5. Работа выхода: силы ее определяющие (пример). Поверхностный потенциальный барьер (определение формы и величины).
6. Траектории заряженных частиц в однородном магнитном поле. Пример.
7. Вывод закона эмиссии. Закон Ричардсона-Дешмена. Закон начальных токов диода. Экспериментальное определение распределения электронов по скоростям методом задерживающего поля.
8. Траектории заряженных частиц в скрещенных электрических полях. Пример.

9. Типы катодов и их эмиссионные константы. Металлические катоды. Их зонная энергетическая модель.
10. Основы геометрической электронной оптики. Преломление электронного луча в электрическом отклоняющем поле. Преломление электронного луча в плоскопараллельном электрическом двойном слое. Закон электронного оптического преломления.
11. Пленочные катоды. Структурная и зонная - энергетическая модели.
12. Уравнения для фокусных расстояний сферического электрического двойного слоя. Фокусные расстояния электронных линз и их экспериментальное определение. Условия применимости законов электронной оптики. Увеличение с помощью электронных линз
13. Оксидные катоды - энергетическая зонная и структурная модели. Их применение. Катоды прямого и косвенного накала.
14. Электростатические электронные линзы. Их классификация и разновидности. Магнитные электронные линзы. Их классификация. Искажения в электронных линзах.
15. Фотоэлектронная эмиссия. Внутренний и внешний фотоэффект. Законы Столетова и Эйнштейна. Энергетическая зонная модель металлических фотокатодов. Чувствительность фотокатодов. Утомление фотокатодов.
16. Электростатическое и магнитное отклонение луча (достоинства и недостатки). Э.Л.Т. (устройство). Люминесцентный экран. Зонная энергетическая модель люминофора.
17. Вторичная электронная эмиссия.
18. Электрический ток при ионизации электронным ударом. Усиление тока. Образование Таунсендовских лавин.
19. Автоэлектронная эмиссия. Ее зонная энергетическая модель.
20. Усиление тока за счет дополнительного образования носителей заряда при ионизации ударами ионов в газоразрядном промежутке и в результате бомбардировки катода ионами.
21. Электрический ток в вакууме. Механизм ограничения тока объемным зарядом. Уравнение Пуассона.
22. Условия зажигания разряда. Закон Пашена. Полная характеристика газового разряда.
23. Закон трех вторых. Реальный вакуумный диод.
24. Тлеющий разряд, катодное падение потенциала. Стабилитрон. Тиратрон. Индикаторные приборы: неоновые лампы, знаковые индикаторы, вакуумные люминесцентные, электролюминесцентные и жидкокристаллические.
25. Вакуумный диод, его характеристики и применение
26. Влияние реактивных параметров триода на работу колебательной системы. Требования к лампам, предназначенные для работы в СВЧ-диапазоне. Конструктивные особенности триодов СВЧ.
27. Вакуумный триод. Уравнения статической и динамической характеристики. Межэлектродные соединения звездой и треугольником. Определение действующего напряжения.
28. Методы генерирования и усиления колебаний на СВЧ. Время и угол пролета электронов. Отбор энергии от электрического потока. Управление электронным потоком. Триоды СВЧ их характеристики и применение.
29. Применение триода: Усиление тока, напряжения, мощности. Недостатки триода.
30. Элементарная теория пролетного двухрезонаторного клистрона. Основные характеристики: Коэффициент взаимодействия с полем резонатора, параметр группировки электронного луча клистрона. Многорезонаторные пролетные усилительные клистроны.
31. Тетрод. Характеристики, достоинства и недостатки.
32. Отражательный клистрон. Кинетическая теория группировки электронов. Электронная настройка. Амплитудная и частотная модуляция. Характеристика и применение.
33. Лучевой тетрод. Характеристики, достоинства и недостатки.

34. Приборы СВЧ со скрещенными полями. Многорезонаторные магнетроны. Принцип действия магнетрона. Движение электронов в статическом магнетроне. Резонансная система магнетрона. Взаимодействие электронного потока СВЧ полем. Конструкция магнетрона.

36. Пентод Характеристики, достоинства и недостатки.

37. Лампа бегущей волны типа "О". Принцип действия, характеристики, применение. Лампа обратной волны типа "О". Принцип действия, характеристики, применение.

Тестовые вопросы к коллоквиумам приведены в приложении.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ и самостоятельной работе студентов приведены в приложении.

7.1. Основная литература:

1. Шука, А. А. Электроника / А.А. Шука. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 751 с.:- Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=350420>
2. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.:- Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/363421>
3. Физика полупроводников и полупроводниковые приборы: Учебное пособие / Панюшкин Н.Н. - Воронеж:ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2016. - 131 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/858616>
4. Беркин А.Б. Физические основы вакуумной техники/А.Б. Беркин, А.И. ВасилевскийА.И. - Новосибир.: НГТУ, 2014. - 84 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/546221>
5. Егоров Н.В. Автоэлектронная эмиссия. Принципы и приборы: Учебник-монография / Н.В. Егоров, Е.П. Шешин. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 704 с.:- Режим доступа <http://znanium.com/catalog/product/367176>

7.2. Дополнительная литература:

1. Игнатов, А.Н. Классическая электроника и наноэлектроника: учеб. пособие / А.Н. Игнатов [и др.]. - 3-е изд., стер. - Москва: ФЛИНТА, 2017. - 728 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1032535>
2. Общий курс физики: Учебное пособие для вузов: В 5 томах Том 3: Электричество / Сивухин Д.В., - 6-е изд., стер. - М.:ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 656 с.:- Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/549781>
3. Электронная техника: учебник / М.В. Гальперин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД 'ФОРУМ': ИНФРА-М, 2019. - 352 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1013821>

7.3. Интернет-ресурсы:

Библиотека по электронике - <http://infotechlib.narod.ru/index/0-6>

Светцов В. И. Вакуумная и плазменная электроника. - Иваново, 2003. - 172 с. - <http://window.edu.ru/resource/528/69528/files/vpe.pdf>

Светцов В. И., Холодков, И. В. Физическая электроника и электронные приборы. - Иваново, 2008. - 494 с. - http://main.isuct.ru/files/publ/PUBL_ALL/tpmet/tpmet_26012009.pdf

Шука А.А. Электроника. Учебное пособие - <http://padaread.com/?book=3135&pg=1>

Электронные версии книг и статей по СВЧ технике - <http://kepstr.eltech.ru/tor/mt/statji.htm>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Физическая электроника" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Перечень материально-технического обеспечения включает в себя "Лабораторный спецпрактикум по сверхвысоким частотам". Перечень, описание и порядок выполнения всех возможных лабораторных работ изложены в учебном пособии: Спецпрактикум по сверхвысоким частотам / Гусев Ю.А. // Учебное пособие, второе издание. Казань: КГУ - 2008, 129 с. (электронный вариант пособия доступен по ссылке: http://kpfu.ru/dcs/F835435083/gusev_svch.pdf).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки Телекоммуникационные системы и информационные технологии .

Автор(ы):

Лунев И.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Насыров И.А. _____

"__" _____ 201__ г.