

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан _____ В.В. Матросов
«___» _____ 2022 г.

**Программа вступительного испытания в аспирантуру
по специальной дисциплине**

Научная специальность:
1.3.4 РАДИОФИЗИКА

(шифр и наименование научной специальности)

Нижний Новгород
2022 год

1. Структура вступительного испытания

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух частей: экзамена по специальной дисциплине (оценивается по 10-балльной шкале) и собеседования по тематике предполагаемого диссертационного исследования (оценивается по 10-балльной шкале).

Программа вступительного испытания сформирована на основе ФГОС ВО магистратуры и/или специалитета по соответствующим направлениям/специальностям.

2. Процедура проведения вступительного испытания

Экзамен по специальной дисциплине принимается устно по билетам. Каждый билет содержит 2 вопроса.

Собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования проводится на основе подготовленного поступающим реферата.

3. Содержание вступительного испытания

3.1. Содержание экзамена по специальной дисциплине

3.1.1. Электродинамика и специальная теория относительности

Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах для полей, зарядов и токов в среде. Векторы напряженностей поля, электрической и магнитной поляризации, электрической и магнитной индукции. Граничные условия для макроскопических полей. Материальные уравнения. Закон сохранения заряда (уравнение непрерывности). Теорема Пойнтинга (закон сохранения энергии в электродинамике). Сила Лоренца в вакууме. Плотность энергии электромагнитного поля в среде без дисперсии.

Уравнения электростатики, магнитостатики и токовой статики. Методы расчета статических полей в однородной среде и при наличии границ проводников и диэлектриков.

Описание полей, произвольно зависящих от времени, при помощи скалярного и векторного потенциалов. Калибровочные преобразования. Неоднородные волновые уравнения для потенциалов и их общие решения.

Уравнения для комплексных амплитуд полей и потенциалов, гармонически изменяющихся во времени (уравнения Максвелла, уравнения Гельмгольца для скалярного и векторного потенциалов). Понятие комплексной диэлектрической проницаемости. Лемма Лоренца и теорема взаимности для гармонических полей.

Однородные и неоднородные гармонические плоские волны в однородной среде. Дисперсионное уравнение, поляризация, волновое сопротивление, затухание волны. Квазистационарные поля и токи в средах с высокой проводимостью. Скин-эффект. Граничные условия Леонтовича, поверхностный импеданс.

Излучение электромагнитных волн источниками с заданными распределениями гармонических токов. Поле переменного электрического диполя (вибратора Герца). Квазистатическая и волновая зоны. Поле переменного магнитного диполя (рамки с током). Понятия сопротивления излучения и диаграммы направленности. Связь между угловым распределением излучения и пространственным Фурье-спектром плотности тока.

Электромагнитные волны в средах с временной дисперсией; выражение для плотности энергии; распространение квазимонохроматического волнового пакета. Нормальные волны в анизотропных средах; поверхность волновых векторов; двойное лучепреломление в кристаллах. Гиротропные среды.

Распространение электромагнитных волн в линиях передачи. Волны ТЕ, ТМ и ТЕМ типов в линиях передачи с идеально проводящими границами (общее описание, низшие

моды прямоугольного и круглого волноводов и коаксиальной линии). Затухание волн в неидеальных волноводах, обусловленное потерями энергии в заполняющей среде и в стенках.

Электромагнитные колебания в полых резонаторах. Структура поля мод и спектр собственных частот идеального прямоугольного резонатора. Затухание колебаний в неидеальных резонаторах.

Методы расчета полей, создаваемых внутри волноводов и резонаторов сторонними гармоническими токами. Возбуждение волноводов и резонаторов штыревыми и щелевыми антеннами.

Электромагнитный волновой пучок. Представление в виде суперпозиции однородных плоских волн. Малоугловое (параксиальное) приближение. Уравнение поперечной диффузии (параболическое уравнение) для амплитуды квазиоптического волнового пучка. Открытые волноводы и резонаторы.

Коротковолновые приближения в теории дифракции электромагнитных волн. Метод геометрической оптики. Метод физической оптики (кирхгофовское приближение). Понятия дифференциального и полного сечений рассеяния тела.

Основные постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца и их основные кинематические следствия. Импульс и энергия свободной частицы, масса и энергия покоя. Релятивистское уравнение движения материальной точки. Движение заряда в постоянном электрическом поле, постоянном магнитном поле и в скрещенных электрическом и магнитном полях.

Ковариантная формулировка уравнений электромагнитного поля в вакууме. Четырех-векторы потенциала и плотности тока, тензор электромагнитного поля. Преобразования полей при переходе в движущуюся систему отсчета. Инварианты поля. Инвариантность заряда.

Электромагнитные поля равномерно и неравномерно движущегося точечного заряда в вакууме. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение Вавилова-Черенкова при сверхсветовом движении заряда в среде.

3.1.2. Теория колебаний

Динамические системы, аттракторы и структурная устойчивость (грубость).

Устойчивость и классификация состояний равновесия двумерных и трехмерных систем.

Метод линеаризации. Второй метод Ляпунова.

Линейный и нелинейный осцилляторы. Основные свойства.

Основные свойства точечных отображений. Отображение Пуанкаре.

Грубые предельные циклы на плоскости и в пространстве. Основные характеристики.

Основные бифуркации динамических систем на плоскости: Андронова-Хопфа, седло-узловая состояний равновесия, гомоклинических орбит седла и седло-узла, двукратного предельного цикла.

Релаксационные колебания на плоскости. Метод Ван-дер-Поля.

Автоколебания и автоколебательные системы. Мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний.

Вынужденные колебания линейного осциллятора, резонанс. Резонанс в нелинейном осцилляторе. Режимы вынужденных колебаний.

Вынужденная синхронизация автоколебательной системы периодическим внешним воздействием.

Параметрические системы. Теория Флоке. Параметрический резонанс. Параметрические колебания маятника при скачкообразном изменении его длины.

Колебания и волны в цепочке взаимосвязанных тождественных осцилляторов. Дисперсия. Предельный переход к сплошной среде. Абсолютная и конвективная неустойчивость.

Трехволновые взаимодействия. Условия синхронизма волн. Соотношения Мэнли-Роу.

Ударные волны. Образование разрывов. Оценка длины опрокидывания. Оценка времени опрокидывания. Структура фронта ударной волны в рамках уравнения Бюргерса. Уравнение Кортевега–де Вриза (КдВ). Солитоны.

Основные бифуркации многомерных динамических систем. Бифуркации состояний равновесия: двукратное равновесие, бифуркация Андронова-Хопфа. Бифуркации периодических движений: двукратный предельный цикл, удвоение периода, рождение инвариантного тора. Нелокальные бифуркации в окрестности гомоклинической траектории.

Динамический хаос. Странный аттрактор. Характеристические показатели Ляпунова. Фрактальные структуры и размерность странных аттракторов. Ляпуновская размерность. Переход к хаосу через последовательность бифуркаций удвоения периода. Универсальность Фейгенбаума.

3.1.3. Теория волн

Плоские акустические волны в вязкой теплопроводящей среде, упругие продольные и поперечные волны в твердом теле, электромагнитные волны в среде с проводимостью. Магнитоактивные среды. Тензор диэлектрической проницаемости плазмы в магнитном поле; нормальные волны, их поляризация.

Волны в периодических структурах. Механические цепочки, акустические и оптические фононы. Полосы пропускания и непрозрачности. Электрические цепочки, сплошная среда со слабыми периодическими неоднородностями. Связанные волны. Приближение геометрической оптики. Уравнения эйконала. Дифференциальное уравнение луча. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах.

Уравнение Бюргерса для диссипативной среды и свойства его решений. Генерация гармоник исходного монохроматического сигнала, эффекты нелинейного поглощения, насыщения и детектирования.

Уравнение Кортевега–де Вриза и синус–Гордона. Стационарные волны. Понятие о солитонах. Взаимодействия плоских волн в диспергирующих средах. Генерация второй гармоники. Параметрическое усиление и генерация.

3.1.4. Статистическая радиофизика

Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность. Измерение вероятностей и средних значений.

Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций.

Модели случайных процессов: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум, импульсные случайные процессы, дробовой шум.

Отклик линейной системы на шумовые воздействия; функция Грина, интеграл Дюамеля. Действие шума на колебательный контур, фильтрация шума. Нелинейные преобразования (умножения частоты и амплитудное детектирование узкополосного шума).

Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера-Планка. Броуновское движение. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум; классический и квантовый варианты формулы Найквиста. Тепловое излучение абсолютно черного тела.

Случайные поля. Пространственная и временная когерентность. Дифракция случайных волн. Теорема Ван Циттерта-Цернике. Дифракция регулярной волны на случайном фазовом экране. Тепловое электромагнитное поле. Теорема взаимности.

Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений. Рассеяние волн на шероховатой поверхности. Понятие об обратной задаче рассеяния.

Взаимодействие случайных волн. Генерация второй оптической гармоники, самофокусировка и самомодуляция частично когерентных волн. Преобразование спектров шумовых волн в нелинейных средах без дисперсии.

Задачи оптимального приема сигнала. Апостериорная плотность вероятности. Функция правдоподобия. Статистическая проверка гипотез. Критерии Байеса, Неймана-Пирсона и Вальда проверки гипотез. Априорные сведения о сигнале и шуме. Наблюдение и сообщение. Задачи интерполяции, фильтрации и экстраполяции.

Линейная фильтрация Колмогорова-Винера на основе минимизации дисперсии ошибки. Принцип ортогональности ошибки и наблюдения. Реализуемые линейные фильтры и уравнение Винера-Хопфа. Выделение сигнала из шума. Согласованный фильтр. Линейный фильтр Калмана-Бьюси. Стохастические уравнения для модели сообщения и шума. Дифференциальные уравнения фильтра. Уравнение для апостериорной информации в форме уравнения Риккати. Сравнение фильтрации методом Колмогорова-Винера и Калмана-Бьюси. Основные задачи нелинейной фильтрации и синтеза систем.

3.1.5. Квантовая радиофизика

Элементарные процессы взаимодействия вещества с электромагнитным полем: поглощение, спонтанное и индуцированное излучение фотонов. Коэффициенты Эйнштейна.

Двухуровневая идеализация. Взаимодействие излучения с двухуровневыми средами. Уравнение переноса излучения в среде. Закон Бугера. Эффект насыщения в двухуровневой среде при взаимодействии с сильным электромагнитным полем.

Уширение спектральных линий. Механизмы однородного и неоднородного уширения. Отрицательная проводимость среды с инверсией населенностей уровней. Когерентность индуцированного излучения. Усиление электромагнитной волны в среде с инверсией. Методы реализации инверсии населенностей. Трехуровневые и четырехуровневые схемы.

Лазерные резонаторы. Резонатор Фабри-Перо, конфокальный и концентрический резонаторы. Неустойчивый резонатор. Продольные и поперечные типы колебаний. Спектр частот и расходимость излучения. Добротность.

Самосогласованная система уравнений лазера-автогенератора. Порог самовозбуждения и насыщение усиления. Режимы работы лазеров: непрерывный режим генерации, режим модуляции добротности резонатора, режим синхронизации мод. Сверхкороткие импульсы. Шумы лазеров, формула Таунса и предельная стабильность частоты. Типы лазеров: твердотельные, газовые, эксимерные и химические лазеры, полупроводниковые лазеры, лазеры на органических красителях.

3.1.6. Электроника

Усилители СВЧ-диапазона (резонаторный, бегущей волны). Полоса пропускания усилителя бегущей волны. Генерация волн в СВЧ-диапазоне. Принцип работы и устройство лампы бегущей и обратной волны, магнетрона и клистрона.

P-n переход: равновесное состояние p-n перехода, вольтамперная характеристика идеального и реального p-n перехода при запирающем и отпирающем смещении. Контакт металл-полупроводник: классификация контактов и теория процесса переноса носителей заряда, вольтамперная характеристика при запирающем и отпирающем смещении.

Биполярный и полевой транзисторы: конструкция, зонная диаграмма и принцип действия транзисторов, схемы включения и статические характеристики транзисторов; усилительные свойства на высоких частотах.

Отрицательное дифференциальное сопротивление и генераторы СВЧ на полевых транзисторах, туннельных диодах, диодах Ганна и лавиннопролетных диодах.

Приборы на основе сверхпроводимости. Эффект Джозефсона.

3.1.7. Радиотехника

Спектральное представление сигналов. Дискретизация сигналов. Теорема Котельникова. Модулированные сигналы (АМ, ЧМ, ФМ) Импульсная характеристика и частотный коэффициент передачи линейных цепей. Аперидический и резонансный усилитель (транзисторный и операционный).

Детектирование и преобразование частоты сигналов нелинейными и параметрическими цепями.

Электронный ключ и его основные свойства. Транзисторная логика. Регистры, счетчики. Аналого-цифровые преобразователи.

3.1.8. Антенны и распространение радиоволн

Вибратор Герца. Ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности. Коэффициент усиления и коэффициент рассеяния антенны. Антенны для ДВ-, СВ- и СВЧ-диапазонов. Параболическая антенна. Фазированные антенные решетки. Эффективная площадь и шумовая температура приемной антенны.

Геометрическое и дифракционное приближения при анализе распространения радиоволн. Влияние неровностей земной поверхности. Земные и тропосферные радиоволны. Рассеяние и поглощение радиоволн в тропосфере. Эффект «замирания».

Тропосферный волновод. Распространение радиоволн в ионосфере. Дисперсия и поглощение радиоволн в ионосферной плазме. Ионосферная рефракция. Ход лучей в подводном звуковом канале и тропосферном радиоволноводе.

3.2. Требования к реферату по специальной дисциплине

Реферат по специальной дисциплине должен показать исследовательский потенциал абитуриента, его подготовленность к выполнению научно-исследовательской программы аспирантуры.

Объем реферата не должен превышать 10 страниц машинописного текста через 1,5 интервала, шрифт Times New Roman, номер 14; размеры полей: верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,0 см, выравнивание по ширине.

Реферат должен содержать краткий обзор литературы (состояние вопроса) по предмету исследования, формулировку и обоснование проблемы: ее актуальность, фундаментальные и прикладные аспекты, степень разработанности.

В текст реферата могут быть включены схемы, таблицы, рисунки, приложения.

Структура реферата:

- титульный лист (см. Приложение);
- введение (актуальность, цель, задачи, методы исследования);
- проблемы исследования, ожидаемые результаты;
- заключение (выводы);
- список литературы;
- список опубликованных и направленных в печать статей, и материалов (при наличии).

В реферате автор должен показать знание текущего состояния исследований в выбранной научной области, умение анализировать литературные источники, делать выводы о перспективах предполагаемого исследования.

Реферат представляется в экзаменационную комиссию в сроки и по адресам, указанным в расписании вступительных испытаний, опубликованном на сайте <http://priem-phd.unn.ru/>.

4 Описание шкал оценивания

Экзамен по специальной дисциплине оценивается по 10-балльной шкале.

Собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования на основе подготовленного поступающим реферата оценивается по 10-балльной шкале.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение каждой части вступительного испытания, устанавливается равным 6 баллам. Результирующая оценка за вступительное испытание по специальной дисциплине складывается из оценки за экзамен по специальной дисциплине и оценки за собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования на основе подготовленного поступающим реферата.

Шкала оценивания экзамена по специальной дисциплине

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
1	Нет ответа.
2	Нет понимания предмета.
3	Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя.
4	Ответ с 3-мя и более грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос.
5	Ответ с 2-мя грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя.
6	В целом положительный ответ с 3-4 незначительными ошибками. Умение с помощью преподавателя схематично, но правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос.
7	В целом хороший ответ с несколькими незначительными ошибками, умение сопоставить теоретические знания. Умение правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос. Владение информацией как минимум из одного источника основной литературы.
8	В целом полный ответ, демонстрирующий уверенные знания, с некоторыми неточностями, умение сопоставить теоретические знания. Свободное владение информацией из нескольких источников основной литературы.
9	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы.

10	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы. Иллюстрация ответа дополнительными примерами из собственных наблюдений и дополнительных источников информации.
----	---

Шкала оценивания собеседования на основе реферата

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
1	Содержание не соответствует теме реферата, материал не систематизирован и не структурирован, основные понятия проблемы не раскрыты; в постановке проблемы нет самостоятельности; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; неправильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата.
2	Содержание не соответствует теме реферата, материал плохо систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы не раскрыты; в постановке проблемы нет самостоятельности; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; неправильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата.
3	Содержание не соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован с недочетами, основные понятия проблемы раскрыты не полностью; в постановке проблемы отсутствует самостоятельность; правильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата.
4	Содержание соответствует теме реферата, но основные понятия проблемы не раскрыты; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, нет ссылок на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата.
5	Содержание соответствует теме реферата, но основные понятия проблемы не раскрыты; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, небрежно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата.
6	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; правильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата.
7	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата.

8	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; в постановке проблемы присутствует новизна; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата.
9	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты полностью и глубоко; в постановке проблемы присутствует новизна; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы продемонстрировано умение обобщать, аргументировать основные положения и выводы; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата.
10	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты полностью и глубоко; в постановке проблемы присутствует новизна и самостоятельность; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата.

5 Источники для подготовки к экзамену

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т.8 Электродинамика сплошных сред. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Электрон. дан. М.: Физматлит, 2005. 656 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2234> - Загл. с экрана.
2. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т.2 Теория поля [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Электрон. дан. Москва: Физматлит, 2006. 536 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2236>. - Загл. с экрана.
3. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. М.: Наука, 1981. 640 с.
4. Зверев В.А. Радиооптика: Преобразования сигналов в радио и оптике. М.: Советское радио, 1975. 304 с.
5. Ландау Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Электрон. дан. Москва: Физматлит, 2001. 616 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2230>. - Загл. с экрана.

б) дополнительная литература:

1. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн: [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. М.: Наука, 1989. 543 с.
2. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. М.: Радио и связь, 1988. 440 с.
3. Гольдштейн Л.Д., Зернов Н.В. Электромагнитные поля и волны. М.: Советское радио, 1971. 662 с.
4. Бредов М.М. Классическая электродинамика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.М. Бредов, В.В. Румянцев, И.Н. Топтыгин. - Электрон. дан. Санкт-Петербург: Лань, 2003. 400 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/606>. - Загл. с экрана.

5. Баскаков С.И. Основы электродинамики: [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. М.: Советское радио, 1973. 248 с.
6. Джексон Д. Классическая электродинамика. М.: Мир, 1965. 702 с.
7. Тамм И.Е. Основы теории электричества. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. М.: Физматлит, 2003. 616 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2333> - Загл. с экрана.
8. Теория волн: [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]/Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. и др. М.: Наука, 1990. 432 с.
9. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Электрон. дан. М.: Физматлит, 2001. 736 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2232>. - Загл. с экрана.
10. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т.7 Теория упругости [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Электрон. дан. М.: Физматлит, 2007. 264 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2233>. — Загл. с экрана.
11. Гершман Б.Н., Ерухимов Л.М., Яшин Ю.Я. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. М.: Наука, 1984. 392 с.
12. Кролл Н., Трайвелипис А. Основы физики плазмы. М.: Мир, 1975. 526 с.
13. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику: [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. Ч. 2. М.: Наука, 1978. 463 с.
14. Кляцкин В.И. Стохастические уравнения и волны в случайно неоднородных средах. М.: Наука, 1980. 336 с.
15. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.А. Теория колебаний. М.: Наука, 1981. 568 с.
16. Бутенин Н.В., Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Введение в теорию нелинейных колебаний: [учеб. пособие для вузов]. М.: Наука, 1987. 382 с.
17. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1974. 503 с.
18. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний [Электронный ресурс]: учеб. - Электрон. дан. Санкт-Петербург: Лань, 2005. 440 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/603>. — Загл. с экрана.
19. Мандельштам Л.И. Лекции по теории колебаний. М.: Наука, 1972. 470 с.
20. Ярив А. Квантовая электроника. М.: Советское радио, 1980. 488 с.
21. Вайнштейн Л.А., Солнцев В.А. Лекции по сверхвысокочастотной электронике. М.: Советское радио, 1973. 399 с.
22. Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И.Г. Электрорадиоизмерения: [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. М.: Высшая школа, 1986. 350 с.
23. Кисляков А.Г., Разин В.А., Цейтлин Н.М. Введение в радиоастрономию. Ч. 2. Техника радиоастрономии: Учеб. для вузов. Н. Новгород: Изд. ННГУ; М.: Физматлит, 1996. 196 с.
24. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: пер. с фр. А.Ф. Горюнова, А.В. Крянева: в 2 т. Т. 1. М.: Мир, 1983. 311 с.

Составители:

_____/А.В. Кудрин/

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета (20.01.2022 г., протокол № 01/22).

Председатель методической комиссии _____ / А.В. Калинин/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

(факультет/институт)

Реферат по специальной дисциплине

(шифр и наименование научной специальности)

Тема: _____

Выполнил:

_____ Ф.И.О.

Нижний Новгород

202____