

Программа вступительного экзамена в аспирантуру

Специальность 01.04.03 "Радиофизика"

1. Линейные и нелинейные колебательные системы

- 1.1. Динамические системы. Понятия состояния, движения и колебаний. Число степеней свободы и порядок динамических систем. Фазовое пространство и фазовые траектории как описание колебательных процессов. Методы определения фазовых траекторий. Изоклины и интегральные кривые. Элементы фазового портрета. Особые точки типа центр, фокус, узел, седло.
- 1.2. Собственные колебания в линейных системах с одной степенью свободы. Уравнение гармонического осциллятора и его решение. Потери в линейных колебательных системах. Собственные колебания в системе двух связанных осцилляторов. Гармоническое воздействие на систему двух связанных осцилляторов.
- 1.3. Колебание в упорядоченных структурах. Цепочка из связанных осцилляторов. Предельный переход от упорядоченных структур к одномерной сплошной среде. Временная и пространственная дисперсия.
- 1.4. Вынужденные колебания в линейных системах и системах со слабой нелинейностью. Примеры решения уравнения гармонического осциллятора с заданным внешним воздействием. Силовое и параметрическое воздействие.
- 1.5. Автоколебательные системы и методы их анализа. Примеры автоколебательных систем с одной и двумя степенями свободы. Энергетические соотношения в автоколебательных системах.
- 1.6. Автоколебательные системы с двумя и более степенями свободы. Взаимная синхронизация. Гармоническое силовое воздействие на автоколебательные системы. Режимы синхронизации, затягивания и гашения колебаний.
- 1.7. Аналитические методы исследования колебаний в системах со слабой нелинейностью: метод малого параметра, метод Ван-дер-Поля, метод Крылова-Боголюбова. Укороченные уравнения.
- 1.8. Параметрические системы. Усиление и генерация колебаний в параметрических системах. Уравнения Менли-Роу. Преобразование частоты в периодических системах.
- 1.9. Устойчивость колебательных систем. Определение устойчивости по Ляпунову. Методы исследования устойчивости стационарных режимов динамических систем. Хаотические колебательные системы. Странный аттрактор. Особенности фазового портрета хаотической динамической системы.
- 1.10. Собственные и вынужденные колебания в системах с распределенными параметрами. Примеры систем с распределенными параметрами. Волновое уравнение. Фазовая скорость. Дисперсия в системе с распределенными параметрами. Метод разложения по собственным модам при анализе внешнего силового воздействия на распределенные системы.
- 1.11. Автоколебательные системы на основе систем с распределенными параметрами. Условия самовозбуждения. Одномодовый и многомодовый режимы генерации.

2. Генерирование и преобразование сигналов

- 2.1. Оптические резонаторы. Резонатор Фабри—Перо, конфокальный и концентрический резонаторы. Неустойчивый резонатор. Продольные и поперечные типы колебаний. Спектр частот и расходимость излучения. Добротность.
- 2.2. Оптические квантовые генераторы (лазеры), принцип работы и устройство. Виды лазеров: газовые лазеры, лазеры на красителях, твердотельные лазеры, полупроводниковые лазерные диоды. Режимы генерации: непрерывный режим, режим модуляции добротности. Синхронизация мод. Методы генерации сверхкоротких и фемтосекундных импульсов.
- 2.3. Квантовые стандарты частоты и времени радиочастотного и оптического диапазонов. Примеры и принципы работы.
- 2.4. Передача сигналов в волноведущих структурах. Волноводы, длинные линии, волоконные световоды. Критическая частота волновода. Волноводные моды. Волны в металлических волноводах. Волны ТЕ, ТМ, ТЕМ типов. Групповая и фазовая скорости. Объемные резонаторы.

- 2.5. Взаимодействие потока заряженных частиц со сверхвысокочастотным электромагнитным полем. Группировка носителей зарядов. Принципы передачи и отбора энергии при взаимодействии потока заряженных частиц с полем резонатора. Принципы усиления сверхвысокочастотных сигналов в электронно-вакуумных устройствах.
- 2.6. Принцип работы и устройство электронно-вакуумных усилителей мощности: лампы бегущей волны, пролетного клистрона. Усилитель на основе диода Ганна.
- 2.7. Принцип работы и устройство электронно-вакуумных генераторов СВЧ сигналов: лампы обратной волны, магнетрон, отражательный клистрон. Генераторы на полевом транзисторе, туннельном диоде, диоде Ганна, лавиннопролетном диоде.
- 2.8. Генерация волн в СВЧ диапазоне. Принцип работы и устройство лампы бегущей волны и лампы обратной волны, магнетрона и клистрона. Генераторы СВЧ на полевых транзисторах, туннельных диодах, диодах Ганна и лавиннопролетных диодах. Джозефсоновская генерация.
- 2.9. Явление ядерного магнитного резонанса и его применения. Взаимодействие спинов ядер с радиочастотным магнитным полем. Принципы работы магнитно-резонансной томографии.
- 2.10. Принципы управления светом. Пространственная модуляция показателя преломления акустической волной. Акустооптические устройства: модуляторы, дефлекторы, фильтры. Управление светом при помощи электрооптического и магнитооптического эффектов.

3. Излучение, распространение и прием электромагнитных волн

- 3.1. Уравнения электромагнитного поля. Элементарные источники поля: диполь Герца, магнитный диполь, источник Гюйгенса. Граничные условия. Материальные параметры изотропных и анизотропных сред. Уравнения Максвелла для гармонического режима. Лемма Лоренца. Теорема взаимности. Электродинамические потенциалы и векторы Герца. Метод функции Грина.
- 3.2. Излучение электромагнитных волн электрическим диполем Герца. Понятия ближней, промежуточной и дальней зоны (зоны излучения). Диаграмма направленности. Коэффициент направленного действия и коэффициент усиления. Виды антенн радиочастотного диапазона. Оптические наноантенны.
- 3.3. Периодические структуры. Фазированные активные решетки. Принципы получения направленного излучения и управления главным максимумом диаграммы направленности. Дифракция электромагнитных волн на периодических структурах: отражательные и проходные дифракционные решетки. Метаматериалы и метаповерхности.
- 3.4. Дифракция электромагнитных волн. Дифракция плоской волны на бесконечном металлическом цилиндре. Дифракция плоской волны на металлической сфере. Строгое решение методом разделения переменных. Понятие об эффективной поверхности рассеяния. Метод Винера-Хопфа.
- 3.5. Асимптотические методы расчета поля излучения: метод физической оптики. Метод геометрической оптики. Принципы работы и параметры зеркальных и линзовых антенн радиочастотного диапазона. Геометрическая теория дифракции. Метод краевых волн в задаче дифракции плоской волны на клине и полуплоскости.
- 3.6. Излучение абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Формула Планка. Виды шумов в радиодиапазоне.
- 3.7. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах. Волны в холодной плазме. Тензор комплексной диэлектрической проницаемости. Волны в намагниченном феррите. Эффект Фарадея. Примеры применения ферритов в радиодиапазоне. Понятие бианизотропии и ее виды.
- 3.8. Основные принципы и области применения численных методов решения задач электродинамики: метод моментов, метод конечных элементов, метод конечных разностей во временной области.
- 3.9. Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли. Рассеяние и поглощение радиоволн в тропосфере. Тропосферный волновод. Распространение радиоволн в ионосфере. Дисперсия и поглощение радиоволн в ионосферной плазме. Ионосферная рефракция. Окна прозрачности атмосферы: связь с космическими объектами.

Основная литература

1. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. 3-е изд. Ленанд, 2015.
2. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Основы теории колебаний и волн. М.: Наука, 1987.
3. Мандельштам Л.И. Лекции по теории колебаний. – М.: Наука, 2006. – 471 с.
4. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. М.: Мир, 1987.
5. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989.
6. Ю.В. Пименов, В.И. Вольман, А.Д. Муравцов. Техническая электродинамика. М.: Радио и связь, 2002. – 536 с.
7. Григорьев А.Д. Электродинамика и микроволновая техника. Изд-во «Лань», 2007.
8. Устройства генерирования и формирования радиосигналов / Под ред. Г.М. Уткина, В.Н. Кулешова, М.В. Благовещенского. – М.: Радио и связь, 1994.
9. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике Учеб. пособие для физ. спец. вузов. — М.: Наука, 1983

Дополнительная литература

1. Уфимцев П. Я. Теория дифракционных краевых волн в электродинамике. Введение в физическую теорию дифракции. Издание второе, М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2012
2. Хёнл Х, Мауэ А, Вестпфаль К Теория дифракции (М.: Мир, 1964)
3. Андронов А.А, Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981.
4. Вайнштейн Л А Электромагнитные волны 2-е изд. (М.: Радио и связь, 1988)
5. Ваганов Р.Б., Каценеленбаум Б.З. Основы теории дифракции (М.: Наука, 1982)
6. Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.Н. Основы теории колебаний. М.: Наука, 1988.
7. Симовский К.Р. Слабая пространственная дисперсия в композиционных средах. СПб.: Политехника. 2003
8. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1974.
9. Гауер Дж. Оптические системы связи. М.: Радио и связь, 1989.
10. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. М.: Мир, 1981.
11. Вайнштейн Л.А., Солнцев В.А. Лекции по сверхвысокочастотной электронике. М.: Сов. радио, 1973.
12. Theory and Phenomena of Metamaterials. Metamaterials Handbook. Filippo Capolino CRC Press, 2009
13. Superdirective dielectric nanoantennaю. Alexandr Krasnok, Constantin Simovski, Pavel Belov, and Yuri S. Kivshar. Nanoscale, vol. 6, pp. 7354-7361, 2014
14. Зверев В.А. Радиооптика. М.: Сов. радио, 1975.
15. Фейнберг Е. Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. М.: Наука, 1999.
16. Боровиков В.А., Кинбер Б.Е. Геометрическая теория дифракции. М.: Связь, 1978