

Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики  
Донецкий национальный университет

**ПРОГРАММА**  
вступительного экзамена для обучающихся по программам дополни-  
тельного профессионального образования подготовки научно-  
педагогических кадров в аспирантуре по специальности  
01.04.03 – радиофизика

ДОНЕЦК 2015

Программа вступительных экзаменов (испытаний) для поступающих в аспирантуру по направлению подготовки физико-математические науки

---

По специальности 01.04.03 – радиофизика

Автор разработчик (Разработчик программы)

Профессор кафедры радиофизики ДонНУ, Данилов Владимир Васильевич, доктор технических наук.

Доцент кафедры радиофизики ДонНУ, Худяков Игорь Иванович, кандидат физико-математических наук.

Профессор кафедры неравновесных процессов, экологии и метрологии ДонНУ, Белоусов Вячеслав Владимирович, доктор технических наук.

Ведущий научный сотрудник Донецкого физико-технического института Тарасенко Сергей Вадимович, доктор физико-математических наук.

Доцент кафедры физики Донбасской академии архитектуры и строительства, Тимченко Владимир Иванович, кандидат физико-математических наук.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики  
Протокол №4 от 13.10.2015 г.

Зав. кафедрой радиофизики

Данилов В.В.

## **I. Теория колебаний**

1. Линейные и нелинейные системы с одной степенью свободы. Силовое и параметрическое воздействие на линейные и слаболинейные системы.
2. Автоколебательная система с одной степенью свободы. Отрицательное сопротивление. Энергетические соотношения в автоколебательных системах. Методы расчета автоколебательных систем.
3. Неавтономные режимы автоколебательных систем. Асинхронное действие. Механизм захвата при большой и малой амплитудах внешней силы.
4. Методы теории нелинейных колебаний. Анализ движения на фазовой плоскости; метод малого параметра, метод Крылова - Боголюбова. Укороченные уравнения. Повторное упрощение укороченных уравнений (метод Хохлова).
5. Автоколебательные системы с двумя степенями свободы. Явление затяжки и затухания колебаний. Применение затяжки для стабилизации частоты. Взаимная синхронизация колебаний двух генераторов.
6. Параметрические усилители и генераторы (одноконтурные и двухконтурные). Разделение частоты. Энергетическое соотношение Мэнли-Роу.
7. Собственные и вынужденные колебания линейных распределительных систем конечной длины. Представление вынужденных колебаний в виде ряда собственных колебаний и в форме волн, бегущих и отраженных от концов системы. Полосы пропускания и непрозрачности.
8. Детерминированный хаос: эксперименты и простые модели. Сценарии перехода от регулярных колебаний к хаосу. Характеристики хаотического движения. Странные аттракторы в диссипативных динамических системах. Фракталы. Самоорганизация. Синергетика

## **II. Теория волн**

1. Распространение плоских волн в материальных средах с учетом временной и пространственной дисперсии. Общий вид дисперсионного уравнения.
2. Волновые пучки и импульсы как суперпозиции плоских волн. Дифракционное распывание пучка. Параболическое уравнение. Распространение пучка и импульса, пространственно-временные аналогии. Распыл пакета в диспергирующей среде, фурье-оптика.
3. Нелинейные волны. Волны Римана. Ударные волны. Явление вкручивания профиля волны. Уравнения Бюргеса, Кортевег-де-Вриза, Синус-Гордона, нелинейное уравнение Шредингера и их решения. Солитоны. Метод замедленно меняющихся амплитуд для решения нелинейных волновых задач.
4. Общие закономерности распространения волн в анизотропных средах. Свойства тензора диэлектрической проницаемости кристаллов. Нормальные волны в кристаллических и магнитоактивных средах. Бианизотропные среды.

5. Рассеяние волн в турбулентных средах. Статистические свойства неоднородностей диэлектрической проницаемости. Геометрическая оптика. Физическая оптика. Метод малых возмущений (борновское приближение). Метод плавных возмущений (приближение Рытова). Флуктуации фазы и интенсивности. Марковское приближение. Сильные флуктуации интенсивности.

6. Особенности распространения радиоволн в атмосферах Земли, других планет и космической плазме. Рассеяния и рефракция на неоднородностях плазмы, дисперсия радиоволн, фарадеевское вращение вектора поляризации.

7. Волноводы. Периодические структуры. Диэлектрические волноводы. Распространение и возбуждение сигналов в линиях передачи.

8. Прямые задачи дифракции волн. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракция плоской волны на полуплоскости, отверстии, цилиндре и сфере. Рассеяние волн шероховатой поверхностью. Принципы построения антенн.

9. Обратные задачи дифракции, интегральные уравнения теории дифракции и методы их решения. Синтез линейного излучателя.

10. Нелинейная электродинамика. Методы решения нелинейных уравнений электродинамики. Нелинейные явления в статистической, квантовой и космической радиофизике. Проблемы нелинейной радиофизики.

### **III. Статистическая радиофизика**

1. Основные понятия теории случайных процессов. Стационарные и нестационарные случайные процессы и способы их описания.

2. Корреляционно-спектральная теория стохастических процессов. Теорема Винера-Хинчина. Вычисления спектральной плотности. Действие шумов на линейные системы.

3. Марковские процессы. Уравнение марковского процесса и уравнения Фоккера-Планка, Понятие белого шума. Замена реального стохастического процесса марковским процессом.

4. Статистические характеристики огибающей и фазы узкополосного нормального стохастического процесса, функция распределения и корреляционная функция огибающей. Функция распределения фазы.

5. Безинерционные и инерционные нелинейные преобразования шумов, инерционное детектирование. Метод огибающей.

6. Шумы в автогенераторах. Распределение амплитуд, ширина и форма спектральной линии.

7. Пуассоновский процесс. Дробовой шум и формула Шоттки. Стохастические последовательности импульсов и их спектральная плотность. Тепловой шум. Классический и квантовый варианты формулы Найквиста.

8. Выявление слабых сигналов на фоне шумов. Оценка параметров сигналов. Согласованный фильтр. Теорема Котельникова.

9. Стохастические поля. Однородные и изотропные поля скалярных и векторных величин, их корреляционная функция и спектры. Тепловые флуктуации в электродинамике.

10. Проблемы статистической оптики. Пространственная и временная когерентность. Теорема Ван Циттерта-Цернике. Интерферометрия интенсивности.

11. Регистрация световых потоков с помощью фотодетекторов, полуклассическая и квантовая интерпретация; статистика фотоотсчетов и статистика лазерного излучения.

#### **IV. Квантовая радиофизика**

1. Взаимодействие электромагнитного поля и вещества в дипольном приближении. Линейные и нелинейные тензоры диэлектрической восприимчивости. Флуктуационно-дисперсионная теорема.

2. Полуклассическая теория излучения. Вероятность однофотонных и многофотонных процессов. Спонтанные и индуцированные переходы. Когерентное взаимодействие двухуровневой системы с излучением; фотонное эхо, самоиндуцированная прозрачность.

3. Генерация радиоволн в космических условиях. Тепловое радиоизлучение. Излучение электрона в магнитном поле. Комптоновское рассеяние и излучение на электронах.

4. Форма и интенсивность спектральных линий. Форма спектральных линий в атомных и молекулярных газах; электронные, колеблющиеся и вращающиеся переходы. Правила отбора. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий. Естественная ширина, сталкивающее и доплеровское расширение. Поперечное и продольное время релаксации. Уширение спектральных линий активных центров в кристаллах, понятие о зонной структуре энергетических уровней твердых тел, оптические переходы в полупроводниках. Принципы работы приборов квантовой электроники. Методы создания инверсии заселенности и негативное поглощение.

5. Молекулярный генератор. Уравнения для поля в квантовом генераторе. СВЧ-резонатор. Одномодовый режим. Квантовые стандарты частоты (времени).

6. Применение мазеров в радиофизических исследованиях космических объектов. Мазерные источники космического радиоизлучения (ОН, Н<sub>2</sub>О и другие).

7. Параметрические усилители СВЧ диапазона (резонаторный, бегущей волны). Полоса пропускания усилителей бегущей волны.

8. Оптические резонаторы. Резонатор Фабри-Перо, конфокальный и концентрический резонаторы, неустойчивый резонатор. Продольные и поперечные типы колебаний, спектры частот и расхождение (направленность) излучения. Добротность. Антенны и приемники для измерения космического радиоизлучения.

9. Строение лазеров и их параметры:

- трехуровневая система на рубине;

- четырехуровневая система на неодимовом стекле; 3) лазеры на растворах красителей;

- на атомных и молекулярных газах;
- на полупроводниковых материалах;
- лазеры на электронно-колебательных переходах примесей;
- лазеры на центрах окраски.

10. Методы повышения эффективности активных сред твердотельных лазеров: а) концентрированные активные среды; б) применение эффекта сенсibilизации люминесценции.

11. Лазеры на вынужденном комбинационном рассеянии. Непрерывный режим генерации, переходные процессы, режим модуляции добротности резонатора, синхронизация мод. Сверхкороткие импульсы. Методы стабилизации частоты лазеров. Шумы и предельная стабильность. Стандарты частоты.

12. Взаимодействие лазерного излучения с веществом; селективное действие на атомы и молекулы, распределение изотопов и стимулирования химических реакций. Лазерный нагрев плазмы, лазерный термоядерный синтез. Методологическое значение радиофизики в развитии естественных наук.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.З. Теория колебаний, М., Физматгиз, 1959.

2. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. М., Наука. 1966 и 1976 гг.

3. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М., Физматгиз, 1960.

4. Бромберген Н. Нелинейная оптика. М., Мир, 1966.

5. Ярив А. Квантовая электроника и нелинейная оптика. М., Советское радио, 1973.

6. Пантел Р., Путхоф Г. Основы квантовой электроники. М., Мир, 1972.

7. Микаэлян А.Л., Тер-Микаэлян М.Л., Турков Ю.Г. Оптические квантовые генераторы на твердом теле. М., Советское радио, 1967.

8. Бракнер К., Джорна С. Лазерный термоядерный синтез. М., Атомиздат, 1974.

9. Летохов В.С., Мур С.Б. Лазерное разделение изотопов. Квантовая электроника, 1976, 3, №№2,3.

10. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1983.

11. Квантовая электроника. Маленькая энциклопедия. М., СЭ, 1969.

12. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М., Наука, 1984.

13. Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж., Моррис Х. Солитоны и нелинейные волновые уравнения. М., Мир, 1988.

14. Шустер Г. Детерминированный хаос. М., Мир, 1988.

15. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М., Наука, 1979, 1990

16. Рабинович М.И, Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М., Наука, 1984.
17. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику. М., Наука, 1988.
18. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М., Наука, 1981.
19. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М., Мир, 1977.