



Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Принято  
Ученым советом ФГБОУ ВО «ИГУ»  
протокол № 7 от «26» 02 2016



Утверждаю  
Ректор ФГБОУ ВО «ИГУ», профессор  
А. В. Аргучинцев  
02 2016 г.

## ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих на обучение по программам  
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки: 03.06.01 – физика и астрономия

Направленность подготовки (специальность):  
Радиофизика

Иркутск, 2016

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Специальность 01.04.03 – Радиофизика направлена на подготовку научных и научно-педагогических кадров, а также высококвалифицированных практиков, работающих в различных областях радиофизики.

Данная специальность ориентирована на исследования радиофизических явлений и процессов. Объектом изучения специальности являются общие закономерности генерации, передачи, приема, регистрации и анализ колебаний и волн различной физической природы и различных частотных диапазонов, а также их применение в фундаментальных и прикладных исследованиях.

Основу данной программы составили ключевые положения следующих учебных дисциплин: теория колебаний, физика волновых процессов, статистическая радиофизика, теория передачи сигналов, теория информации, излучение и распространение радиоволн, квантовая радиофизика. Цель экзамена – установить глубину знаний поступающего в аспирантуру по данному направлению, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе. Сдача вступительных экзаменов обязательна для поступления в аспирантуру.

Программа разработана экспертным советом Высшей Аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по физике при участии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова и Физического института им. П.Н. Лебедева РАН. Программа утверждена приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 г. № 274.

Программа вступительного экзамена по специальности 01.04.01 Радиофизика состоит из 3 разделов.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру

по специальности 01.04.03 Радиофизика (физико-математические науки)

#### Тема 1. Теория колебаний

1. Нелинейные колебания в системе с одной степенью свободы.

Общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы. Консервативные и диссипативные системы. Приближенные методы анализа нелинейных систем, метод медленно меняющихся амплитуд, метод малого параметра, метод фазовой плоскости. Особые точки. Фазовые портреты.

2. Элементы теории автоколебаний.

Особые свойства автоколебательных систем, предельные циклы. Энергетическое рассмотрение. Различные типы автогенераторов (релаксационные, близкие к синусоидальным). Воздействие внешней силы на нелинейные системы с одной степенью свободы. Вынужденные колебания в нелинейном контуре. Периодическое воздействие на автоколебательную систему.

3. Колебательные системы с двумя степенями свободы.

Основные понятия. Парциальные системы, нормальные колебания, связь, связанность. Колебательные системы с двумя степенями свободы. Основные определения. Парциальные системы, нормальные колебания, связь, связанность. Автоколебательная система с двумя системами свободы, эффект затягивания. Вынужденные колебательные системы с двумя степенями свободы. Понятие о распределенных колебательных системах.

4. Параметрическое возбуждение и усиление колебаний.

Физическая картина параметрического возбуждения. Анализ нелинейной параметрической системы.

#### Тема 2. Физика волновых процессов

1. Волны в недиспергирующих средах.

Плоские волны в идеальных и поглощающих средах. Поляризация. Акустические волны в жидкостях и газах. Отражение волн от границ раздела. Упругие волны в твердом теле. Плоские электромагнитные волны в изотропных средах, комплексная диэлектрическая проницаемость. Показатели преломления и поглощения.

2. Диспергирующие среды.

Дисперсионное уравнение. Модулированные волны и сигналы. Волновые пакеты. Групповая скорость. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Затухание из-за столкновений. Особенности распространения волновых пучков. Угловой спектр.

3. Электромагнитные волны в анизотропных средах.

Понятие анизотропии. Гиротропные среды. Магнитоактивная плазма. Тензор диэлектрической "проницаемости" (элементарная теория). Необыкновенные и

обыкновенные волны. Особенности распространения электромагнитных волн в ионосферной и космической плазме.

#### 4. Волны в неоднородных средах.

Метод геометрической оптики. Уравнение эйконала для электромагнитных волн. Лучевые траектории. Точное решение волнового уравнения для линейного слоя. Рефракция волн в ионосфере. Наклонное падение. Критические частоты. Волноводное распространение радиоволн и звуковых волн.

#### 5. Нелинейные явления при распространении волн.

Волны конечной амплитуды в сплошных средах без дисперсии. Простые волны Римана. Формирование разрывов, опрокидывание. Уравнение Кортевега - де Вриза. Уединенные волны (солитоны). Трехволновое взаимодействие. Условие синхронизма. Генерация гармоник.

#### 6. Элементы теории излучений волн.

Виды антенн, применяющихся в радиодиапазоне. Короткая антенна в вакууме и плазме. Полуволновой диполь. Приближенные граничные условия. Структура поля радиоволны у поверхности Земли. Функция ослабления Зоммерфельда для вертикального диполя. Отражательные формулы.

### **Тема 3. Статистическая радиофизика и теория информации**

#### 1. Случайные процессы.

Способы представления и классификация случайных процессов. Усреднение по ансамблю и по времени. Стационарность и эргодичность. Корреляционная функция процесса и ее свойства. Центральная предельная теорема.

#### 2. Спектрально-корреляционный анализ процесса.

Спектры энергии и мощности сигналов, функции корреляции и их взаимосвязи. Время корреляции и ширина спектра, узкополосные случайные процессы, их статистические характеристики и спектры. Модулированные случайные процессы.

#### 3. Случайные процессы в линейных системах и средах.

Спектральное и временное описание линейных систем. Функция Грина, коэффициент передачи системы. Преобразование функции корреляции и спектров. Фильтрация шума. Преобразование вероятностных распределений. Нормализация случайного процесса в линейной инерционной системе.

#### 4. Электрические шумы и флуктуации.

Тепловой шум в квазистационарных системах. Формула Найквиста. Спектр теплового шума проводников с учетом их реактивностей. Естественные флуктуации амплитуды и фазы генератора. Спектр автоколебания, обладающего флуктуациями амплитуды, фазы, частоты. Ширина спектральной линии.

#### 5. Нелинейные преобразования случайных процессов.

Особенности нелинейного безинерционного преобразования шумов. Преобразования одномерной плотности вероятностей. Преобразования двумерной плотности вероятностей. Детектирование гауссовых шумов.

#### 6. Обнаружение и измерение параметров сигналов в шумах.

Отношение сигнал/шум и различия. Элементы теории статистических решений. Критерий обнаружения сигнала. Согласованные фильтры. Оценивание и разрешение сигналов. Сложные сигналы. Теория неопределенности. Оптимальная линейная фильтрация, фильтр Кальмана. Квазиоптимальная нелинейная фильтрация.

## 7. Основные понятия теории информации.

Статистические меры количества информации. Дискретные каналы связи. Теорема Шеннона. Экономное и помехоустойчивое кодирование. Коды Фэно, Хаффмена, Хемминга.

## Литература

### Основная

1. Паршаков А.Н. Физика колебаний Учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 302 с. – ISBN 978-5-398-00500-4.
2. Иванов В.Б. Теория волн. Курс лекций. Изд. Иркутского университета. 2006.
3. Ахманов и др. Статистическая радиофизика и оптика. - М.: Физматлит, 2010.
4. Рытов СМ. Введение в статистическую физику. Случайные процессы. М., 1986, ч. 1,2.

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ЭКЗАМЕНУ

- 1) Общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы. Консервативные и диссипативные системы.
- 2) Приближенные методы анализа нелинейных систем, метод медленно меняющихся амплитуд, метод малого параметра, метод фазовой плоскости. Особые точки. Фазовые портреты.
- 3) Особые свойства автоколебательных систем, предельные циклы. Энергетическое рассмотрение. Различные типы автогенераторов (релаксационные, близкие к синусоидальным).
- 4) Воздействие внешней силы на нелинейные системы с одной степенью свободы. Вынужденные колебания в нелинейном контуре. Периодическое воздействие на автоколебательную систему.
- 5) Основные понятия. Парциальные системы, нормальные колебания, связь, связанность. Колебательные системы с двумя степенями свободы. Основные определения. Парциальные системы, нормальные колебания, связь, связанность.
- 6) Автоколебательная система с двумя системами свободы, эффект затягивания. Вынужденные колебательные системы с двумя степенями свободы. Понятие о распределенных колебательных системах.
- 7) Физическая картина параметрического возбуждения. Анализ нелинейной параметрической системы.
- 8) Плоские волны в идеальных и поглощающих средах. Поляризация. Акустические волны в жидкостях и газах.
- 9) Отражение волн от границ раздела. Упругие волны в твердом теле. Плоские электромагнитные волны в изотропных средах, комплексная диэлектрическая проницаемость. Показатели преломления и поглощения.
- 10) Дисперсионное уравнение. Модулированные волны и сигналы. Волновые пакеты. Групповая скорость.
- 11) Диэлектрическая проницаемость плазмы. Затухание из-за столкновений. Особенности распространения волновых пучков. Угловой спектр.

- 12) Понятие анизотропии. Гиротропные среды. Магнитоактивная плазма. Тензор диэлектрической "проницаемости" (элементарная теория). Необыкновенные и обыкновенные волны. Особенности распространения электромагнитных волн в ионосферной и космической плазме.
- 13) Метод геометрической оптики. Уравнение эйконала для электромагнитных волн. Лучевые траектории. Точное решение волнового уравнения для линейного слоя. Рефракция волн в ионосфере. Наклонное падение. Критические частоты. Волноводное распространение радиоволн и звуковых волн.
- 14) Волны конечной амплитуды в сплошных средах без дисперсии. Простые волны Римана. Формирование разрывов, опрокидывание. Уравнение Кортевега - де Вриза. Уединенные волны (солитоны). Трехволновое взаимодействие. Условие синхронизма. Генерация гармоник.
- 15) Виды антенн, применяющихся в радиодиапазоне. Короткая антенна в вакууме и плазме. Полуволновой диполь. Приближенные граничные условия. Структура поля радиоволны у поверхности Земли. Функция ослабления Зоммерфельда для вертикального диполя. Отражательные формулы.
- 16) Способы представления и классификация случайных процессов. Усреднение по ансамблю и по времени. Стационарность и эргодичность. Корреляционная функция процесса и ее свойства. Центральная предельная теорема.
- 17) Спектры энергии и мощности сигналов, функции корреляции и их взаимосвязи. Время корреляции и ширина спектра, узкополосные случайные процессы, их статистические характеристики и спектры. Модулированные случайные процессы.
- 18) Спектральное и временное описание линейных систем. Функция Грина, коэффициент передачи системы. Преобразование функции корреляции и спектров. Фильтрация шума. Преобразование вероятностных распределений. Нормализация случайного процесса в линейной инерционной системе.
- 19) Тепловой шум в квазистационарных системах. Формула Найквиста. Спектр теплового шума проводников с учетом их реактивностей. Естественные флуктуации амплитуды и фазы генератора. Спектр автоколебания, обладающего флуктуациями амплитуды, фазы, частоты. Ширина спектральной линии.
- 20) Особенности нелинейного безинерционного преобразования шумов. Преобразования одномерной плотности вероятностей. Преобразования двумерной плотности вероятностей. Детектирование гауссовых шумов.
- 21) Отношение сигнал/шум и различия. Элементы теории статистических решений. Критерий обнаружения сигнала. Согласованные фильтры. Оценивание и разрешение сигналов. Сложные сигналы. Теория неопределенности. Оптимальная линейная фильтрация, фильтр Кальмана. Квазиоптимальная нелинейная фильтрация.
- 22) Статистические меры количества информации. Дискретные каналы связи. Теорема Шеннона. Экономное и помехоустойчивое кодирование. Коды Фэно, Хаффмена, Хемминга.