



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)



Утверждаю

Проректор по учебной работе
А.И. Вокин

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

Научная специальность: 1.3.4 Радиофизика

Иркутск 2026

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Программа предназначена для подготовки к вступительному испытанию для поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно–педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности «1.3.4 Радиофизика».

Целью вступительного испытания является оценка уровня освоения поступающим компетенций, необходимых для обучения научной специальности «1.3.4 Радиофизика» по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Поступающий должен изучить следующие разделы:

Раздел 1. Теория колебаний

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.

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.

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 степенями свободы, эффект затягивания. Вынужденные колебательные системы с двумя степенями свободы. Понятие о распределенных колебательных системах.

Параметрическое возбуждение и усиление колебаний. Физическая картина параметрического возбуждения. Анализ нелинейной параметрической системы.

Раздел 2. Физика волновых процессов

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.

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.

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.

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.

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.

Элементы теории излучения 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.

Раздел 3. Статистическая радиофизика и теория информации

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.

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.

Случайные процессы в линейных системах и средах. Спектральное и временное описания линейных систем. Функция Грина, коэффициент передачи системы. Преобразование функции корреляции и спектров. Фильтрация шума. Преобразование вероятностных распределений. Нормализация случайного процесса в линейной инерционной системе. Представления о случайных полях.

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.

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

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.

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

2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Основная литература

1. Карлов Н. В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. М.: Физматлит, 2001.
2. Виноградова М. Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.: Наука, 1990.
3. Моисеев Н. Н.. Асимптотические методы нелинейной механики. М.: Наука, 1981
4. Яковлев О.И. и др. Распространение радиоволн. Изд: ЛЕНАНД .2009.
5. Никольский В.В., Никольская Т. И. Электродинамика и распространение радиоволн М.: Либроком, 2011. 542 с.
6. Рытов С. М.. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Случайные процессы. М.: Наука, 1976.

7. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И.. Введение в статистическую радиофизику. Часть 2. Случайные поля. М.: Наука, 1978.
8. Кураев А.А., Попкова Т. Л., Синицын А. К. Электродинамика и распространение радиоволн. Минск : Новое знание, 2013. 424 с.
9. Долуханов М.П. Распространение радиоволн (Электронный ресурс), 2007.
10. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М: Радио и связь, 1989. 356 .
11. Вернер М. Основы кодирования. Учебник для вузов. М.: Техносфера, 2006. 286 с.

Дополнительная литература

1. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Либроком, 2012. 416 с.
2. Иванов В.Б. Теория волн. Курс лекций. Изд.-во. ИГУ, 2006 г.
3. Фелсен Л., Маркувиц Н. Излучение и рассеяние волн. М.: МИР, 1978, т. 1-2.
4. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М., 1967.
5. Фейнберг Е. Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. 2-ое издание. М., 1999.
6. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. 2-ое издание М., 1979.
7. Девис К. Радиоволны в ионосфере. М.: МИР, 1973.

3. ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание проводится очно в устной форме по билетам. Длительность экзамена – 1,5 часа (90 минут). Экзаменационный билет включает три вопроса. Экзаменационные билеты выдаются каждому поступающему в аспирантуру членом экзаменационной комиссии с указанием в протоколе заседания экзаменационной комиссии содержания экзаменационного билета и даты приема вступительного экзамена. Индивидуальные экзаменационные листы подписываются каждым поступающим, а протокол заседания экзаменационной комиссии - председателем и членами экзаменационной комиссии. Итоговое количество баллов, присуждаемое членами комиссии каждому абитуриенту, зависит от знания и изложения материала по основным вопросам экзаменационного билета, а также от качества ответов абитуриента на дополнительные

вопросы, задаваемые членами экзаменационной комиссии. Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по **100-балльной** шкале.

Критерии оценивания уровня знаний

90-100 баллов

выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный, безошибочный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом материале по предложенной тематике. Экзаменуемый показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание материала; может объяснить взаимосвязь основных понятий; проявляет аналитические способности в понимании и изложении материала; проводит научные аналогии, экстраполирует знания на смежные области и практику, может поддерживать научную дискуссию. В ходе собеседования устанавливается высокая степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры. Кандидат осознает значимость работы и ее практическую ценность, обладает существенным научным заделом, включающим опубликованные статьи в научных изданиях и результаты выступлений на профильных конференциях.

80-89 баллов

выставляется экзаменационной комиссией за правильный и достаточно полный ответ на все вопросы экзаменационного билета и уточняющие вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий правильно определяет основные понятия, хорошо ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике, может объяснить взаимосвязь основных понятий. Оценка может быть снижена в случае затруднений поступающего при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии, ответы содержат отдельные несущественные неточности. В ходе собеседования устанавливается достаточная степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, имеется базовый научный задел по теме планируемого исследования (1 статья).

70-79 баллов

выставляется экзаменационной комиссией за верный в целом ответ на вопросы экзаменационного билета. При ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной

комиссии поступающий испытывает затруднения, допускает неточности, при этом ответы производят положительное впечатление. В ходе собеседования устанавливается средняя степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, больше обусловленная внешними факторами (получение ученой степени, отсрочки от армии), чем с внутренним интересом к научному исследованию.

60-69 баллов

выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает знания основного материала в минимальном объеме, знаком с литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные неточности в ответах, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством экзаменаторов. В ходе собеседования устанавливается низкая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований (в том числе на основании анализа представленных индивидуальных достижений) по выбранной научной специальности; мотивация к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры низкая или совсем отсутствует.

0-59 баллов

выставляется в случае отсутствия или низкого качества ответа на вопросы экзаменационного билета. Экзаменуемый показывает пробелы в знаниях основного материала, не знает основных понятий в рамках Программы по выбранной научной специальности, не видит вопрос в целостном виде. Делает грубые существенные ошибки при ответах на вопросы билета, а также дополнительные вопросы комиссии, не может исправить допущенные ошибки самостоятельно. Кандидат демонстрирует низкую эмоциональную вовлеченность к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, не имеет четкого плана с этапами и сроками.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – **60 баллов**, максимально возможное количество – **100 баллов**. Итоговое количество баллов за устный ответ присуждается абитуриенту в результате подсчета среднего арифметического количества баллов, предложенных каждым членом экзаменационной комиссии.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ

- 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. 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. Распространение электромагнитных волн в ионосфере 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

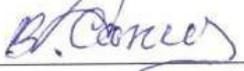
сигналов. Сложные сигналы. Теория неопределенности. Оптимальная линейная фильтрация, фильтр Кальмана. Квазиоптимальная нелинейная фильтрация.

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

Разработчики:



доктор физ.-мат. наук, профессор Н.Т. Афанасьев



доктор физ.-мат. наук, профессор В.И. Сажин