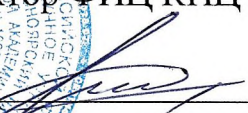


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»
(КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН)**



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН

 **А.А. Шпедт**

 **2025г.**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Радиофизика»

для поступающих на обучение по образовательной программе высшего
образования – программе подготовки научных
и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН

по научной специальности

1.3.4 «Радиофизика»

Красноярск 2025

1 Общие положения

Настоящая программа сформирована на основе федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и определяет общее содержание вступительного испытания по специальной дисциплине «Радиофизика» при приеме на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Вступительное испытание по специальной дисциплине «Радиофизика» нацелено на оценку знаний лиц, поступающих на программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, полученных ими в ходе освоения программ специалитета и (или) магистратуры, и на отбор среди поступающих лиц, наиболее способных и подготовленных к научной и научно-исследовательской деятельности, имеющих потенциал в части генерирования новых идей при решении исследовательских задач и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

2 Форма проведения вступительного испытания

Вступительное испытание проводится на русском языке в устной форме. Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

3 Содержание программы

ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ

Линейные колебательные системы с одной степенью свободы. Силовое и параметрическое воздействие на линейные и слабонелинейные колебательные системы. Автоколебательная система с одной степенью свободы. Энергетические соотношения в автоколебательных системах. Воздействие гармонического сигнала на автоколебательные системы. Синхронизация. Явления затягивания и гашения колебаний. Аналитические и качественные методы теории нелинейных колебаний. Анализ возможных движений и бифуркаций в фазовом пространстве: метод малого параметра, метод Ван-дер-Поля. Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания. Вынужденные колебания. Автоколебательные

системы с двумя и более степенями свободы. Взаимная синхронизация колебаний двух генераторов. Параметрическое усиление и параметрическая генерация. Параметрические усилители и генераторы. Деление частоты. Устойчивость стационарных режимов автономных и неавтономных колебательных систем. Временные и спектральные методы оценки устойчивости. Собственные и вынужденные колебания линейных распределенных систем. Собственные функции системы (моды). Разложение вынужденных колебаний по системе собственных функций.

ТЕОРИЯ ВОЛН.

Плоские однородные и неоднородные волны. Плоские акустические волны в вязкой теплопроводящей среде, упругие продольные и поперечные волны в твердом теле, электромагнитные волны в среде с проводимостью. Поток энергии. Поляризация. Распространение сигнала в диспергирующей среде. Простейшие физические модели диспергирующих сред. Волновой пакет в первом и втором приближении теории дисперсии. Фазовая и групповая скорости. Параболическое уравнение для огибающей. Расплывание и компрессия импульсов. Свойства электромагнитных волн в анизотропных средах. Оптические кристаллы, уравнение Френеля, обыкновенная и необыкновенная волны. Магнитоактивные среды. Волны в периодических структурах. Механические цепочки, акустические и оптические фононы. Полосы пропускания и непрозрачности. Приближение геометрической оптики. Дифференциальное уравнение луча. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах. Электромагнитные волны в металлических волноводах. Диэлектрические волноводы, световоды. Линзовые линии и открытые резонаторы. Метод Кирхгофа в теории дифракции. Функции Грина. Условия излучения. Дифракция в зоне Френеля и Фраунгофера. Характеристики поля в фокусе линзы. Волны в нелинейных средах без дисперсии. Образование разрывов. Ударные волны. Уравнение Бюргерса для диссипативной среды и свойства его решений. Уравнение Кортевега–де–Вриза и синус – Гордона. Стационарные волны. Понятие о солитонах. Взаимодействия плоских волн в диспергирующих средах.

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

ПРИНЦИПЫ УСИЛЕНИЯ, ГЕНЕРАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СИГНАЛАМИ

Принцип работы, устройство и параметры лазеров (примеры: гелий-неоновый лазер, лазер на рубине, полупроводниковый лазер). Оптические резонаторы. Резонатор Фабри—Перо, конфокальный и концентрический резонаторы. Неустойчивый резонатор. Продольные и поперечные типы колебаний. Спектр частот и расходимость излучения. Добротность. Режимы работы лазеров: непрерывный режим генерации, режим модуляции добротности резонатора, режим синхронизации мод. Сверхкороткие импульсы. Шумы лазеров, формула Таунса и предельная стабильность частоты. Молекулярный генератор. Квантовые стандарты частоты (времени). Волноводы, длинные линии и резонаторы. Критическая частота и критическая длина волновода. ТЕ-, ТН- и ТЕМ-волны. Диэлектрические волноводы. Периодические структуры и замедляющие системы. Волновое сопротивление. 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. Отрицательное дифференциальное сопротивление и генераторы СВЧ на полевых транзисторах, туннельных диодах, диодах Ганна и лавиннопролетных диодах. Эффект Джозефсона. Взаимодействие волн пространственного заряда с акустическим полем, акустоэлектрический эффект. Принципы работы акустоэлектронных устройств (усилители ультразвука, линии задержки, фильтры, конвольверы, запоминающие устройства). Взаимодействия света со звуком. Дифракция Брэгга и Рамана—Ната. Принципы работы устройств акустооптики (модуляторы и дефлекторы света,

преобразователи свет–сигнал, акустооптические фильтры), анализаторы спектра и корреляторы.

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. 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.

ВЫДЕЛЕНИЕ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ПОМЕХ.

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.

4 Примерный перечень вопросов

- 1 Методы медленно меняющихся амплитуд и Н.Н. Боголюбова.
- 2 Автоколебательные системы с запаздывающей обратной связью.
- 3 Отражение плоской электромагнитной волны от границы раздела двух сред. Углы полного внутреннего отражения и Брюстера.
- 4 Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона.
- 5 Уравнения Максвелла.
- 6 Волновое уравнение.
- 7 Принцип перестановочной двойственности.
- 8 Граничное условие для тангенциальных компонент электрического поля.
- 9 Что такое ток смещения?
- 10 Вектор Пойнтинга.
- 11 Волновое сопротивление свободного пространства.
- 12 Комплексная диэлектрическая проницаемость.
- 13 Дипольный момент элементарного электрического вибратора.
- 14 Дипольный момент элементарного магнитного вибратора.

- 15 Преобразование Лоренца.
- 16 Определение случайного процесса.
- 17 Двумерная условная плотность вероятности случайного процесса и ее основные свойства.
- 18 Уравнение Смолуховского для условной плотности вероятности марковского процесса.
- 19 Моментные функции случайного процесса.
- 20 Кумулянтные функции случайного процесса, их связь с характеристической функцией.
- 21 Ковариационная функция случайного процесса. Коэффициент корреляции.
- 22 Гауссовские случайные процессы.
- 23 Ковариационная матрица n отсчетов случайного процесса и ее основные свойства.
- 24 Основные свойства гауссовских случайных процессов. 25. Стационарные случайные процессы.
- 25 Свойства корреляционной функции стационарного случайного процесса.
- 26 Понятие времени корреляции.
- 27 Теорема Винера-Хинчина.
- 28 Определение пуассоновского импульсного случайного процесса.
- 29 Согласованный фильтр.
- 30 Мера информации, пропускная способность каналов связи.

5 Критерии оценивания ответов поступающих

Результаты вступительного испытания определяются по 50-бальной шкале (от 0 до 50 баллов). Максимальное количество баллов подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 20 баллов.

50 – бальная шкала	Общая характеристика ответа	Критерии оценки
41–50 баллов	Ответ отличный	Ясный, достаточно точный, уверенный ответ на все вопросы экзаменационного билета, дополнительные и уточняющие вопросы. Глубокое знание материала. Свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и

		терминологией. Логически правильное и убедительное изложение ответа. Ответ на вопрос достаточно аргументирован и обоснован, приведены убедительные примеры по каждому вопросу экзаменационного билета.
31-40 баллов	Ответ хороший	Ясный и уверенный ответ на все вопросы билета. Знание ключевых проблем и основного содержания материала. Умение оперировать понятиями по своей тематике. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа. Допущены незначительные ошибки в терминологии и при использовании фактического материала. Ответ на дополнительные и уточняющие вопросы.
20-30 баллов	Ответ удовлетворительный	Ответ на все вопросы билета, требующий существенных дополнений. Недостаточно логичное и аргументированное изложение ответа. Фрагментарные, поверхностные знания материала. Затруднения с использованием понятийного аппарата и терминологии. Отсутствуют ответы на дополнительные и уточняющие вопросы.
0 – 19 баллов	Ответ неудовлетворительный	Отсутствие ответа на вопросы билета; ответ только на один из вопросов; попытка ответа на все вопросы без раскрытия основного содержания; подмена ответа на вопросы экзаменационного билета ответом на смежные вопросы. Полное незнание либо отрывочное представление о материале. Неумение оперировать понятиями по своей тематике. Неумение логически определенно и последовательно излагать ответ.

6 Список рекомендуемой литературы

1. Паршаков А.Н. Физика колебаний Учеб. Пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 302 с.
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 С.М. Введение в статистическую физику. Случайные процессы. М., 1986, ч. 1,2.
5. Ботов, М. И. Введение в теорию радиолокационных систем / Ботов М. И. , Вяхирев В. А., Девотчак В. В. - Красноярск: СФУ, 2012. - 394 с
6. Шахтарин, Б. И. Обнаружение сигналов : учебное пособие для вузов. - 3-е изд., испр. / Б. И. Шахтарин - Москва: Горячая линия - Телеком, 2015. - 464 с.
7. Каганов, В. И. Колебания и волны в природе и технике. Компьютеризированный курс: учебное пособие для вузов. / В. И. Каганов - Москва: Горячая линия - Телеком, 2015. - 333 с.
8. Тихонов, В. И. Случайные процессы. Примеры и задачи. Том 4 - Оптимальное обнаружение сигналов: учебное пособие для вузов / В. В. Сизых, Б. И. Шахтарин, В. И. Тихонов; Под редакцией В. В. Сизых - Москва: Горячая линия - Телеком, 2017. - 400 с.
9. Горбунов, Ю. Н. Введение в стохастическую радиолокацию: учебное пособие для вузов / Горбунов Ю. Н., Лобанов Б. С. Куликов Г. В. - Москва: Горячая линия - Телеком, 2017. - 376 с.

Согласовано:

Заведующий кафедрой
фундаментальных дисциплин
и методологии науки



О.В. Александрова

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин