

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Ю.В. Фомин



ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**научная специальность
1.3.4. Радиоп физика**

Санкт-Петербург

2026

Ответственный по аспирантуре

от института

К.т.н.

Составители:

Д.ф.-м.н., доцент

Д.ф.-м.н., доцент

О.А. Головань

А.С. Черепанов

Л.Б. Лиокумович

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию Научно-техническим советом (протокол № 4 от «18» 03 2026 г.).

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Структура вступительного экзамена

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине соответствующей научной специальности **1.3.4 – Радиофизика**.

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

- теоретический экзамен, проводимый очно в письменной и/или устной форме (максимальный балл – 100);

- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов. При получении по теоретическому экзамену результата ниже минимального балла,

портфолио не рассматривается и не суммируется с результатом теоретического экзамена.

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

а. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.

б. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.

с. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.

д. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение
Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

№ п/п	Научные (научно-исследовательские) достижения	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе), в журналах перечня ВАК и приравненных к ним журналах, по категориям:	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	категория К1;		25
	категория К2;		15
	категория К3.		10
	Публикации, рецензируемые в РИНЦ	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	5
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует научной специальности, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий:	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
	за конференцию, индексируемую в международных базах данных		5
	за конференцию, индексируемую в российских базах данных		3

5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3
6.	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра(специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	5

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

Максимальная возможная оценка за теоретический экзамен составляет 100 баллов. Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с научной специальностью будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2.3. Перечень тем для теоретического экзамена

2.3.1. ЧАСТЬ 1. ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ

ДИНАМИЧЕСКИЕ (КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ОПИСАНИЯ ИХ ПОВЕДЕНИЯ

Исходные определения: динамическая (колебательная) система и ее модель (эквивалентная схема), число степеней свободы, порядок системы; детерминированные (периодические, почти-периодические, непериодические) и случайные колебания (движения) системы.

Классификация динамических (колебательных) систем: линейные (в т.ч. параметрические) и нелинейные системы, автономные и неавтономные системы, консервативные и неконсервативные системы, системы с сосредоточенными и с распределенными параметрами. Дифференциальные уравнения линейной многоконтурной цепи (вывод при помощи уравнений Лагранжа 2-го рода). Рассмотрение частного случая: получение выражений для частот и коэффициентов затухания собственных колебаний двух индуктивно связанных контуров. Дифференциальное уравнение одноконтурного генератора без автоматического смещения (в т.ч. частный случай, сводящийся к уравнениям Рэлея и Ван-дер-Поля). Уравнение движения маятника. Уравнение системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Квантовый генератор. Использование двухуровневой модели активной среды при выводе дифференциальных уравнений квантового генератора. Особенности колебательных процессов, с которыми имеют дело в радиоастрономии.

Источники космического радиоизлучения как динамические (колебательные) системы. Основные этапы развития теории колебаний. Краткий обзор основных методов анализа динамических систем. Использование в теории колебаний методов, разработанных для решения задач небесной механики.

УСТОЙЧИВОСТЬ СОСТОЯНИЙ РАВНОВЕСИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ (КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ) СИСТЕМ

Общее рассмотрение устойчивости состояния равновесия автономной системы. Определение устойчивости состояния равновесия по Ляпунову. Уравнения первого приближения и условия их применимости. Условия устойчивости состояний равновесия автономных линейной и нелинейной систем 2-го порядка. Устойчивость состояний равновесия маятника и системы ФАПЧ. Устойчивость состояния равновесия и условие самовозбуждения квантового генератора.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ (КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ) СИСТЕМ ПОСРЕДСТВОМ ФАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА

Понятие о фазовом пространстве. Интегральные кривые, описывающие движение системы, и фазовые траектории. Замкнутые траектории и периодические движения. Особые точки в фазовом пространстве и состояния равновесия системы. Основные типы особых точек двумерных систем: центр, фокус, узел, седло. Особые точки смешанного типа.

Индексы Пуанкаре. Предельные циклы (устойчивые, неустойчивые, полуустойчивые). Устойчивый предельный цикл как разновидность аттрактора. Автоколебания в системах 2-го порядка и устойчивые предельные циклы. Теорема Пуанкаре-Бендиксона.

Аттракторы и странные аттракторы для установившихся периодических (либо почтипериодических) и хаотических (стохастических) автоколебаний в системах 3-го и более высокого порядка.

Рассмотрение примеров: фазовые портреты маятника, мультивибратора на туннельном диоде др. Эволюция фазовых портретов при изменении параметров. Бифуркации динамических систем.

УСТАНОВИВШИЕСЯ ПРОЦЕССЫ В АВТОНОМНЫХ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Основные определения; автоколебательная и потенциально-автоколебательная системы; томсоновская система как разновидность автогенератора резонансного типа и релаксационная система; одночастотный (моногоармонический), двухчастотный (бигармонический) и более сложные режимы колебаний в нелинейных системах. Средняя крутизна (по Кобзареву) и ее свойства. Случаи мягкой и жесткой характеристик. Анализ установившихся колебаний квазилинейным методом (методом гармонического баланса). Основное уравнение для установившегося режима в автономном автогенераторе резонансного типа. Рассмотрение примеров: схема Мейснера, трехточечные (Колпитца, Хартли) и другие схемы. Автоколебательная система с двумя степенями свободы. Явление затыгивания (частотного гистерезиса). Схема двухконтурного генератора без затыгивания.

НЕАВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ В СОСТОЯНИИ УСТАНОВИВШИХСЯ КОЛЕБАНИЙ

Основное уравнение неавтономного генератора для установившихся колебаний с частотой внешней силы.

Резонансное воздействие внешней силы на регенеративную схему. Явление захватывания (синхронизации). Синхронизация и гипотеза А.М.Молчанова о синхронизированности движений больших планет Солнечной системы. Асинхронные воздействия на автогенератор резонансного типа (асинхронные возбуждение и гашение колебаний). Конкуренция мод двухконтурного генератора. Резонансы 2-го и N-города. Резонансные явления в нелинейном колебательном контуре.

МЕТОД МЕДЛЕННО МЕНЯЮЩИХСЯ АМПЛИТУД (ММА) И ЕГО ПРИЛОЖЕНИЕ К АНАЛИЗУ КВАЗИЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ 2-ГО ПОРЯДКА

Общие соображения о характере колебаний в системах, близких к линейным и консервативным. Введение малого параметра для оценки медленности изменения амплитуд колебаний. Метод Ван-дер-Поля и метод усреднения как примеры асимптотических методов, родственных методу ММА. Процедура составления укороченных уравнений для случая системы с произвольным (конечным) числом степеней свободы.

Укороченные уравнения одноконтурного автогенератора без автоматического смещения и их интегрирование. Зависимость процесса установления от параметров схемы и начальных условий. Условия устойчивости стационарного автоколебательного режима. Укороченные уравнения регенеративной схемы и условия устойчивости одночастотного режима колебаний с частотой внешней ЭДС (автоколебательная и потенциально-автоколебательная системы в случаях мягкой и жесткой характеристик). Флуктуации амплитуды и фазы колебаний автогенератора резонансного типа. Спектр

флуктуаций амплитуды и спектр колебания. Естественная ширина линии. Спектральная плотность частотных флуктуаций.

АНАЛИЗ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ММА КВАЗЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ 3-ГО И БОЛЕЕ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ

LC-генератор с автоматическим смещением. Эволюция формы характеристики средней крутизны при изменении сопротивления в цепи автосмещения. Стационарный одночастотный режим и условия его устойчивости. Автоколебательные режимы, отличные от одночастотного (прерывистая генерация, автомодуляция и др.). Укороченные уравнения двухконтурного генератора. Двухчастотный режим и его неустойчивость в случае мягкой характеристики. Устойчивость одночастотных режимов. Укороченные уравнения многоконтурных генераторов. Укороченные уравнения квантового генератора. Выражения для частоты установившихся колебаний и стационарных значений амплитуды поля и разности населенностей. Способы получения инверсной заселенности. Устройство и принцип действия пучкового квантового генератора.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Основные принципы параметрического возбуждения и усиления колебаний. Теорема Флоке(Блоха) для уравнений с периодическими коэффициентами и общие интегралы уравнений Хилла и Матье. Устойчивость решений уравнения Матье и условие возбуждения параметрических колебаний.

Исследование одноконтурных параметрических генераторов и усилителей методом ММА. Синхронный (когерентный) и асинхронный (некогерентный) усилительные режимы. Соотношения Мэнли-Роу и анализ двухконтурного параметрического усилителя.

КОЛЕБАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ

Нелинейная распределенная система без потерь и без дисперсии. Решение в виде ударной волны.

Параметрические явления в распределенных системах. Генерация второй гармоники и другие эффекты при распространении света в нелинейной среде.

2.3.2. ЧАСТЬ 2.

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ АКУСТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В ЛИНЕЙНЫХ СРЕДАХ ОБЩИЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ПОЛЕЙ

Уравнения для линейных полей. Скалярное звуковое поле, векторное электромагнитное поле, плазменное поле (модель однокомпонентной жидкости). Энергетические соотношения для полей. Установившееся гармонические колебания. Метод комплексных амплитуд. Комплексные векторы, операции над ними. Уравнения для линейных полей в комплексной форме. Эквивалентные комплексные параметры среды. Учет потерь в случае скалярного звукового поля (комплексная плотность среды) и электромагнитного поля (комплексная диэлектрическая проницаемость), диэлектрическая проницаемость холодной немагнитной имажнитной плазмы. Магнитная проницаемость намагниченного феррита.

Учет неоднородностей среды посредством введения эквивалентных источников поля. Теорема М.И.Конторовича об эквивалентных токах, и ее обобщения. Лемма Лоренца, ее следствия. Дифракционные формулы. Соотношения взаимности. Элементарная рамка с

током и эквивалентный магнитный диполь. Эквивалентная схема приемной антенны. Аналоги леммы Лоренца в случае звукового и плазменного полей.

ВОЛНЫ В ОДНОРОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Плоские волны. Постоянная распространения и фазовая скорость. Дисперсионные явления. Однородные и неоднородные волны. Решение уравнений поля при заданных источниках с помощью преобразования Фурье. Пространственные гармоники и плоские волны. Представление поля в слое и полупространстве в отсутствие источников. Функции Грина (скалярная, векторная, тензорная), функция Грина для уравнения Гельмгольца. Сферическая волна. Построение функций Грина в общем случае. Функции Грина в случае звукового и электромагнитного полей. Функции Грина и дифракционные формулы. Формулы Кирхгофа. Модифицированные формулы Кирхгофа для полупространства. Излучение из отверстия в экране. Зона Фраунгофера. Особенности вычисления ближнего поля.

ИЗЛУЧЕНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СПЕКТРА ВОЛН АСИМПТОТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛОВ ОТ БЫСТРО МЕНЯЮЩИХСЯ ФУНКЦИЙ

Основное асимптотическое равенство. Свойства асимптотического ряда. Асимптотика однократного интеграла, содержащего быстро осциллирующую экспоненту. Метод стационарной фазы. Стационарные точки, их порядок. Стационарная точка вблизи предела интегрирования. Дифракционный интеграл. Асимптотика двойного интеграла. Представление в виде вклада стационарной точки и контурного интеграла. Вычисление контурного интеграла.

ИЗЛУЧЕНИЕ ИЗ ОТВЕРСТИЯ В ПЛОСКОМ ЭКРАНЕ (БЛИЖНЕЕ ПОЛЕ)

Возбуждение отверстия плоской и сферической волной. Вклад стационарной точки и геометрическая оптика. Дифракционные явления на примере бесконечно длинной щели и круглого отверстия (непрозрачного диска), пятно Пуассона. Излучение из бесконечно длинной щели в общем случае (двумерная задача). Метод стационарной фазы и геометрическая оптика. Каустика. Фокус. Обобщение результатов на трехмерный случай.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВОЛН С ПОМОЩЬЮ ЛИНЗ

Тонкие линзы как элементы фазового преобразования волны. Параксиальное приближение. Основное уравнение линзы. Осуществление Фурье-преобразования поля. Фильтрация пространственных гармоник.

ЭЛЕМЕНТЫ ГОЛОГРАФИИ

Общие соотношения для голограмм. Тонкие голограммы. Объемные голограммы

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ

1. Линейные колебательные системы с одной степенью свободы. Силовое и параметрическое воздействие на линейные и слабо нелинейные колебательные системы.
2. Автоколебательная система с одной степенью свободы. Энергетические соотношения в автоколебательных системах. Методы расчета автоколебательных систем.
3. Воздействие гармонического сигнала на автоколебательные системы. Синхронизация. Явления затягивания и гашения колебаний. Применение затягивания для стабилизации частоты.
4. Аналитические и качественные методы теории нелинейных колебаний. Анализ возможных движений и бифуркаций в фазовом пространстве: метод малого параметра, метод Ван-дер-Поля, метод Крылова—Боголюбова. Укороченные уравнения. Усреднение в системах, содержащих быстрые и медленные движения.
5. Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания.
6. Вынужденные колебания.
7. Автоколебательные системы с двумя и более степенями свободы. Взаимная синхронизация колебаний двух генераторов.
8. Параметрическое усиление и параметрическая генерация. Параметрические усилители и генераторы. Деление частоты.
9. Устойчивость стационарных режимов автономных и неавтономных колебательных систем.
10. Временные и спектральные методы оценки устойчивости.
11. Собственные и вынужденные колебания линейных распределенных систем. Собственные функции системы (моды). Разложение вынужденных колебаний по системе собственных функций.
12. Распределенные автоколебательные системы. Лазер как пример такой системы. Условия самовозбуждения. Одномодовый и многомодовый режимы генерации. Хаотические колебания в динамических системах. Понятие о хаотическом (странном) аттракторе. Возможные пути потери устойчивости регулярных колебаний и перехода к хаосу.

ТЕОРИЯ ВОЛН

13. 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.
14. Фазовая и групповая скорости. Параболическое уравнение для огибающей. Расплывание и компрессия импульсов. Поле в средах с временной дисперсией. Соотношения Крамерса—Кронига и принцип причинности.
15. Свойства электромагнитных волн в анизотропных средах. Оптические кристаллы, уравнение Френеля, обыкновенная и необыкновенная волны. Магнитоактивные среды. Тензор диэлектрической проницаемости плазмы в магнитном поле; нормальные волны, их поляризация.

16. Волны в периодических структурах. Механические цепочки, акустические и оптические фононы.
17. Полосы пропускания и непрозрачности. Электрические цепочки, сплошная среда со слабыми периодическими неоднородностями. Связанные волны.
18. Приближение геометрической оптики. Уравнения эйконала. Дифференциальное уравнение луча.
19. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах.
20. Электромагнитные волны в металлических волноводах. Диэлектрические волноводы, световоды.
21. Линзовые линии и открытые резонаторы. Гауссовские пучки.
22. 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 Бюргера для диссипативной среды и свойства его решений. Генерация гармоник исходного монохроматического сигнала, эффекты нелинейного поглощения, насыщения и детектирования.
23. Уравнение Кортевега-де-Вриза и синус - Гордона. Стационарные волны. Понятие о солитонах.
24. Взаимодействия плоских волн в диспергирующих средах. Генерация второй гармоники.
25. Параметрическое усиление и генерация.
26. Самовоздействие волновых пучков. Самофокусировка света. Приближения нелинейной квазиоптики и нелинейной геометрической оптики. Обращение волнового фронта. Интенсивные акустические пучки; параметрические излучатели звука.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОФИЗИКА

27. Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс.
28. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность. Измерение вероятностей и средних значений.
29. Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера—Хинчина. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций.
30. Модели случайных процессов: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум, импульсные случайные процессы, дробовой шум.
31. Отклик линейной системы на шумовые воздействия; функция Грина, интеграл Дюамеля.
32. Действие шума на колебательный контур, фильтрация шума. Нелинейные преобразования (умножения частоты и амплитудное детектирование узкополосного шума).
33. Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера—Планка.
34. Броуновское движение. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум; классический и квантовый варианты формулы Найквиста. Тепловое излучение абсолютно черного тела.
35. Случайные поля. Пространственная и временная когерентность. Дифракция случайных волн.
36. Теорема Ван Циттерта—Цернике. Дифракция регулярной волны на случайном фазовом экране.
37. Тепловое электромагнитное поле. Теорема взаимности.

38. Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений. Рассеяние волн на шероховатой поверхности. Понятие об обратной задаче рассеяния.
39. Взаимодействие случайных волн. Генерация второй оптической гармоники, самофокусировка и самомодуляция частично когерентных волн. Преобразование спектров шумовых волн в нелинейных средах без дисперсии.

ПРИНЦИПЫ УСИЛЕНИЯ, ГЕНЕРАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СИГНАЛАМИ

40. Принцип работы, устройство и параметры лазеров (примеры: гелий-неоновый лазер, лазер на рубине, полупроводниковый лазер).
41. Оптические резонаторы. Резонатор Фабри—Перо, конфокальный и концентрический резонаторы. Неустойчивый резонатор. Продольные и поперечные типы колебаний. Спектр частот и расходимость излучения. Добротность.
42. Режимы работы лазеров: непрерывный режим генерации, режим модуляции добротности резонатора, режим синхронизации мод. Сверхкороткие импульсы. Шумы лазеров, формула Таунса и предельная стабильность частоты. Оптические компрессоры и получение фемтосекундных импульсов.
43. Молекулярный генератор. Квантовые стандарты частоты (времени).
44. Волноводы, длинные линии и резонаторы. Критическая частота и критическая длина волновода.
45. *TE*-, *TM*- и *ТЕМ*-волны. Диэлектрические волноводы. Периодические структуры и замедляющие системы. Волновое сопротивление.
46. Усилители СВЧ-диапазона (резонаторный, бегущей волны). Полоса пропускания усилителя бегущей волны.
47. 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.
48. Эффект Джозефсона.
49. Взаимодействие волн пространственного заряда с акустическим полем, акустоэлектрический эффект. Принципы работы акустоэлектронных устройств (усилители ультразвука, линии задержки, фильтры, конвольверы, запоминающие устройства).
50. 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.
51. Линейный электрооптический и магнитооптический эффекты и их применение для управления светом.

АНТЕННЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

52. Вибратор Герца. Ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности. Коэффициент усиления и коэффициент рассеяния антенны. Антенны для ДВ-, СВ- и СВЧ-диапазонов. 53. Параболическая антенна.

54. Фазированные антенные решетки. Эффективная площадь и шумовая температура приемной антенны.
55. Геометрическое и дифракционное приближения при анализе распространения радиоволн.
56. Влияние неровностей земной поверхности. Земные и тропосферные радиоволны. Рассеяние и поглощение радиоволн в тропосфере. Эффект «замирания». Тропосферный волновод.
57. Распространение радиоволн в ионосфере. Дисперсия и поглощение радиоволн в ионосферной плазме. Ионосферная рефракция. Ход лучей в подводном звуковом канале и тропосферном радиоволноводе.

ВЫДЕЛЕНИЕ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ПОМЕХ

58. Задачи оптимального приема сигнала. Апостериорная плотность вероятности. Функция правдоподобия. Статистическая проверка гипотез. Критерии Байеса, Неймана—Пирсона и Вальда проверки гипотез.
59. Априорные сведения о сигнале и шуме. Наблюдение и сообщение. Задачи интерполяции, фильтрации и экстраполяции.
60. Линейная фильтрация Колмогорова—Винера на основе минимизации дисперсии ошибки.
61. Принцип ортогональности ошибки и наблюдения. Реализуемые линейные фильтры и уравнение Винера-Хопфа. Выделение сигнала из шума. Согласованный фильтр.
62. Линейный фильтр Калмана—Бьюси. Стохастические уравнения для модели сообщения и шума.
63. Дифференциальные уравнения фильтра. Уравнение для апостериорной информации в форме уравнения Риккати. Сравнение фильтрации методом Колмогорова—Винера и Калмана—Бьюси.
64. Основные задачи нелинейной фильтрации и синтеза систем

2.5. Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.

75 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

50 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

0 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

2.6. Список рекомендуемой литературы

1. Н. В. Карлов, Н.А. Кириченко. Колебания, волны, структуры. – М.: Физматлит, 2001.
2. М. Б. Виноградова, О.В. Руденко, А.П. Сухоруков. Теория волн. – М.: Наука, 1990.
3. М. И. Рабинович, Д.И. Трубецков. Введение в теорию колебаний и волн. – М.: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика. 2000.
4. Н. Н. Моисеев. Асимптотические методы нелинейной механики. – М.: Наука, 1981
5. С.А. Ахманов, Ю.Е. Дьяков, А.С. Чиркин. Введение в статистическую радиофизику и оптику, – М.: М.: Физматлит, 2010.
6. Н. М. Цейтлин. Антенная техника и радиоастрономия. – М.: Радио и связь, 1976.
7. В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем: Учебн. пособие для вузов. – М.: Изд. «Горячая линия – Телеком», 2015.
8. А. Ярив, П.Юх. Оптические волны в кристаллах. – М.: Мир, 1987.
9. Г. Кайно. Акустические волны. Устройства, визуализация и аналоговая обработка сигналов. – М.: Мир, 1990.
10. В. В. Никольский, Т.И. Никольская. Электродинамика и распространение радиоволн. – "Либроком", 2015.
11. Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. В 2 т. М.: Физматлит, 2004.
12. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. Теория колебаний. – М.: Наука, 1981.
13. В. В. Мигулин, В. И. Медведев, Е. Р. Мустель, В. Н. Парыгин. Основы теории колебаний. – М.: Наука, 1988.
14. Г. М. Заславский, Р. З. Сагдеев. Введение в нелинейную физику: От маятника до турбулентности и хаоса. – М.: Наука, 1988.
15. Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. – М.: Наука, 1974.
16. С. М. Рытов. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Случайные процессы. – М.: Наука, 1976.
17. С. М. Рытов, Ю. А. Кравцов, В. И. Татарский. Введение в статистическую радиофизику. Часть 2. Случайные поля. – М.: Наука, 1978.
18. Дж. Гауер. Оптические системы связи. – М.: Радио и связь, 1989.
19. Л. Д. Бахрах, С. Д. Кременецкий. Синтез излучающих систем. – М.: Радио и связь, 1974.
20. В. И. Балакший, В. Н. Парыгин, Л. Е. Чирков. Физические основы акустооптики. – М.: Радио и связь, 1985.
21. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров. – М.: Мир, 1981.
22. Л. А. Вайнштейн, В. А. Солнцев. Лекции по сверхвысокочастотной электронике. – М.: Сов. радио, 1973.
23. В. А. Зверев. Радиооптика. – М.: Сов. радио, 1975.
24. М. Букингем. Шумы в электронных приборах и системах. – М.: Мир, 1986.
25. Н. В. Карлов. Лекции по квантовой электронике. – М.: Наука, 1983.
26. Б. Р. Левин. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989.
27. Л. В. Ландау, Е. М. Лифшиц. Статистическая физика. – М.: Наука. 1999, том V, часть 1.
28. Е. Л. Фейнберг. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. – М.: Наука. 1999.

29. Л.А. Островский, А.И. Потапов Введение в теорию модулированных волн. – М.: Физматлит, 2003. – 400с.

Приложение

Сведения об достижениях портфолио кандидата для поступления по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбПУ Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

№ п/п	Научные (научно-исследовательские) достижения	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе), в журналах перечня ВАК и приравненных к ним журналах, по категориям:	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	категория К1;		25
	категория К2;		15
	категория К3.		10
	Публикации, рецензируемые в РИНЦ	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	5
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует научной специальности, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий:	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов,	

	за конференцию, индексируемую в международных базах данных	DOI, URL (при наличии)	5
	за конференцию, индексируемую в российских базах данных		3
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3
6.	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра(специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	5

Кандидат в аспирантуру

(подпись) _____ (Ф.И.О).

Предполагаемый научный руководитель

(подпись) _____ (Ф.И.О).

Ответственный по аспирантуре
от института

(подпись) _____ (Ф.И.О).