

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук» (ИПФ РАН)**

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора по научной работе

_____ М.Ю. Глявин

« ____ » _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины

Радиофизика

Уровень высшего образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки / специальность

03.06.01 Физика и астрономия

Направленность образовательной программы

01.04.03 Радиофизика

Квалификация (степень)

Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

20__

1. Место и цели дисциплины в структуре образовательной программы (ОП)

Дисциплина «Радиофизика» относится к числу профильных дисциплин вариативной части образовательной программы, является обязательной для освоения и изучается на третьем году обучения, в пятом семестре.

Освоение дисциплины опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования и на первых двух годах обучения в аспирантуре. В частности, на знания, умения и навыки, полученные в ходе освоения таких дисциплин, как «Теория колебаний и волн», «Электродинамика», «Электромагнитные волны», «Электродинамика квазиоптических систем», «Высокочастотная релятивистская электроника», «Статистическая радиофизика», «Микроволновая спектроскопия» и т.п.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у аспирантов углубленных представлений об общих радиофизических закономерностях колебательно-волновых процессов (как линейных, так и нелинейных) в системах различной физической природы;
- подготовка аспирантов к профессиональной деятельности в таких областях как электродинамика, высокочастотная электроника больших мощностей, нелинейная динамика сложных пространственно-временных процессов и систем;
- формирование у аспирантов профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» и направленностью подготовки 01.04.03 «Радиофизика»

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП (компетенциями выпускников)

В результате обучения аспиранты должны на углубленном уровне овладеть радиофизическими методами анализа процессов колебательно-волновой природы в различных физических системах; получить представление о современных методах генерации, усиления и трансформации электромагнитного излучения различных частотных диапазонов; ознакомиться с основными подходами для разработки квазиоптических линий передач; получить навыки использования новейших методов статистической радиофизики, включая построение эмпирических прогностических моделей сложных систем. Освоение данной дисциплины необходимо для умения самостоятельно ставить и решать научные задачи в области нелинейной физики и радиофизики с привлечением современного математического аппарата.

Таблица 1:

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 <i>способность самостоятельно разбираться, непредвзято оценивать и оперативно ориентироваться в передовых идеях и самых последних достижениях современной физики (этап освоения – завершающий)</i>	<i>З1 (ПК-1)</i> Знать наиболее перспективные и быстро развивающиеся направления разделов физики, затрагиваемых настоящим курсом; основные нерешенные научные проблемы; недавние и планируемые новаторские эксперименты; а также активно действующие в рамках рассматриваемых тематик научные коллективы <i>У1 (ПК-1)</i> Уметь разбираться и извлекать требуемую информацию из научных статей, публикуемых в ведущих научных журналах по затрагиваемым разделам физики и относящихся не к учебной, а к профессиональной (в том числе, узкопрофессиональной) литературе; доносить суть физической проблемы, постановки физической задачи, предлагаемых путей решения и достижений до аудитории исследователей-физиков, включающей не только узких специалистов

	<i>В1 (ПК-1)</i> Владеть навыками получения информации о состоянии конкретной научной проблемы, включая поиск научных публикаций по теме и беглый анализ их значимости; расширения научного кругозора в областях, не совпадающих с непосредственной исследовательской задачей обучаемого
ПК-2 <i>способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя специализированные знания в области физики и астрономии, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта (этап освоения – завершающий)</i>	<i>З1 (ПК-2)</i> Знать основные радиофизические методы и подходы к исследованиям колебательно-волновых процессов (как линейных, так и нелинейных) в системах различной физической природы <i>У1 (ПК-2)</i> Уметь применять полученные знания для анализа процессов генерации, усиления, передачи и трансформации электромагнитного излучения различных частотных диапазонов, а также нелинейной динамики сложных пространственно-временных процессов и систем <i>В1 (ПК-2)</i> Владеть современным математическим аппаратом для научных исследований в различных областях физики и радиофизики с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК-3 <i>способность свободно ориентироваться в разделах физики, необходимых для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (в соответствии с направленностью подготовки) (этап освоения – завершающий)</i>	<i>З1 (ПК-3)</i> Знать основные разделы радиофизики, необходимые для решения практических, в том числе и научно-инновационных, задач <i>У1 (ПК-3)</i> Уметь применять полученные в области радиофизики знания для решения практических, в том числе и научно-инновационных, задач <i>В1 (ПК-3)</i> Владеть навыками решения практических задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях

По результатам освоения дисциплины «Радиофизика» и изученных ранее специальных дисциплин (дисциплин по выбору) аспиранты сдают кандидатский экзамен по специальности 01.04.03 Радиофизика.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 38 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (24 часа занятия лекционного типа, 12 часов занятия семинарского типа – семинары, научно-практические занятия, в т.ч. мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов – подготовка к сдаче кандидатского экзамена, 34 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 2:

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Теория колебаний и нелинейная динамика	6	2	1	3	3
Аналитические и качественные методы теории колебаний	6	2	1	3	3
Электромагнитные волны в изотропных и анизотропных средах	6	2	1	3	3
Распространение электромагнитных волн в линиях передач и волноводах	6	2	1	3	3
Электромагнитные волны в анизотропных средах и периодических структурах	6	2	1	3	3

Антенны и антенные решетки	6	2	1	3	3
Волны в нелинейных средах	6	2	1	3	3
Механизмы излучения электромагнитных волн: квантовый и классический подходы	6	2	1	3	3
Генерация и усиление электромагнитных волн потоками электронов	6	2	1	3	3
Случайные величины и процессы, способы их описания	6	2	1	3	3
Задачи оптимального приема сигнала	5	2	1	3	2
Эмпирический подход к анализу многомерных временных рядов	5	2	1	3	2
в т.ч. текущий контроль			4		
Аттестация по дисциплине – экзамен				2	36
Итого	108				

Содержание дисциплины

Теория колебаний и нелинейная динамика.

Линейные колебательные системы с одной степенью свободы. Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания. Вынужденные колебания. Силовое и параметрическое воздействие на линейные и слабонелинейные колебательные системы. Автоколебательные системы и методы их расчета. Синхронизация. Явления затягивания и гашения колебаний. Применение затягивания для стабилизации частоты.

Аналитические и качественные методы теории 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.

Электромагнитны волны в однородных изотропных средах.

Общие решения однородного волнового уравнения в виде сферических, цилиндрических и плоских волн. Дисперсионные соотношения для плоских волн в однородных материальных средах. Временная и пространственная дисперсия. Соотношения Крамерса-Кронига. Фазовая и групповая скорости. Энергия и импульс электромагнитных волн.

Распространение электромагнитных волн в линиях передач и волноводах.

Закрытые и открытые (квазиоптические) линии передач. Потери электромагнитной энергии в линиях передач. Гауссовы волновые пучки. Диагностика модового состава излучения в волноводах и качества квазиоптических волновых пучков; электродинамические методы управления их параметрами. Фазовые корректоры.

Электромагнитные волны в анизотропных средах и периодических структурах.

Дисперсионное уравнение для волн в анизотропных средах. Волны в периодических структурах. Теорема Флоке, пространственные гармоники. Полосы пропускания и непрозрачности.

Антенны и антенные решетки.

Вибратор Герца. Ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности. Коэффициент усиления и коэффициент рассеяния антенны. Параболическая антенна. Фазированные антенные решетки. Эффективная площадь и шумовая температура приемной антенны.

Волны в нелинейных средах.

Волны в нелинейных средах без дисперсии. Образование разрывов. Ударные волны. Уравнение Бюргерса для диссипативной среды и свойства его решений. Генерация гармоник исходного монохроматического сигнала. Уравнение Кортевега–де–Вриза и синус – Гордона. Стационарные волны. Понятие о солитонах. Параметрическое усиление и генерация.

Механизмы излучения электромагнитных волн: квантовый и классический подходы.

Элементарные процессы взаимодействия вещества с электромагнитным полем: поглощение, спонтанное и индуцированное излучение фотонов. Коэффициенты Эйнштейна. Оптические уравнения Максвелла-Блоха. Типы спонтанного излучения электронов; соответствующие синхронизмы между электронами и электромагнитными волнами. Стимулированное излучение электронных потоков. Группировка электронов и излучение электронных сгустков при взаимодействии электронного потока с волной. Взаимодействие электромагнитной волны с одной из собственных волн электронного потока; конвективная и абсолютная неустойчивость.

Генерация и усиление электромагнитных волн потоками электронов.

Основные схемы электронных СВЧ усилителей и генераторов. Приборы, основанные на стимулированном черенковском и переходном излучениях электронов; магнетрон, ЛБВ и ЛОВ типа “О”, клистрон. Приборы, основанные на стимулированном излучении электронов при движении по криволинейным траекториям; мазеры на циклонном резонансе и лазеры на свободных электронах.

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. Модельные случайные процессы: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум, импульсные случайные процессы, дробовой шум. Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера-Планка. Случайные динамические системы.

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. Линейные фильтры Колмогорова-Винера и Калмана-Бьюси. Принцип минимальной длины описания.

Эмпирический подход к анализу многомерных временных рядов.

Способы представления пространственно-распределенных данных, основанные на методе главных компонент: эмпирические ортогональные функции, эмпирические ортогональные дальние связи, анализ сингулярного спектра. Методы кластеризации данных. Нелинейные обобщения метода главных компонент. Эмпирические методы построения оператора эволюции: линейные и нелинейные авторегрессионные модели, модели в форме случайных динамических систем. Методы отбора оптимальных эмпирических моделей.

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий дисциплины «Радиофизика» являются занятия лекционного типа с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), проблемный метод изложения материала, диалоговая форма проведения занятий и са-

мостоятельная работа аспиранта. Для активизации познавательного процесса проводятся также занятия семинарского типа: аспирантам даются задания по самостоятельной подготовке семинаров по тематике лекций, которые впоследствии представляются в виде устных презентаций с последующим обсуждением.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки ИПФ РАН, в компьютерном классе с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе аудиторных занятий по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, доступные ресурсы в Интернет по тематике курса, а также конспекты и презентации лекций.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), и уровня их сформированности

Описание показателей и критериев оценивания компетенций приведены в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Для оценивания сформированности компетенций используется промежуточная аттестация в форме кандидатского экзамена с оценкой по пятибалльной шкале («плохо», «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). Кандидатский экзамен сдается по совокупности всех освоенных за время обучения специальных дисциплин.

Критерии оценок:

Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Аспирант дает полный и развернутый ответ на все заданные теоретические вопросы; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированное решение сформулированной задачи с незначительными недочетами, способен успешно решить дополнительную задачу. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Аспирант дает полный ответ на все заданные теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит почти полное решение сформулированной задачи с некоторыми недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей и не всегда полной обоснованностью выводов, демонстрирующих, в целом, знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 90%.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Аспирант показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит неполные, слабо аргументированное решение сформулированной задачи. Изложение решений и полученные ответы не отличаются стройной логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, что говорит о не достаточно полном понимании общефизических и профессиональных дисциплин, умении применять на практике лишь некоторые приобретенные навыки, владении не всеми изученными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.

Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Аспирант дает ошибочные ответы, как на заданные теоретические вопросы, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора; приводит решение сформулированной задачи с грубыми недочетами, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки, не владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Аспирант не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированной задачи. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

6.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Промежуточная аттестация в форме кандидатского экзамена проводится по программе кандидатского экзамена по специальности 01.04.03 – радиоп физика.

Вопросы по программе кандидатского экзамена по специальности 01.04.03 – радиоп физика приведены в приложении 2.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебное пособие / — 5-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2013. — 448 с. ISBN 978-5-406-00746-4. — 5 экз.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. М.: Наука. Т. 3: Квантовая механика — 5 экз.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. М.: Наука. Т. 5: Статистическая физика — 5 экз.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. М.: Наука. Т.7: Электродинамика сплошных сред — 4 экз.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. М.: Наука. Т. 10: Физическая кинетика. — 4 экз.

б) дополнительная литература:

1. А. А. Балакин, Г. М. Фрайман Основы теории колебаний и волн. Динамика сосредоточенных распределенных систем Федер. агентство науч. орг., Федер. исслед. центр «Ин-т приклад. физики РАН». – Нижний Новгород : ФИЦ ИПФ РАН, 2016. – 232 с. – 2 экз.
2. М.И.Рабинович, Д.И. Трубецков Введение в теорию колебаний и волн. – НИЦ «регулярная и хаотическая динамика».2000. – 560 с. – 3 экз.
3. Шиховцев И.В., Якубов В.П. Статистическая радиофизика. Курс лекций / Новосибирский государственный университет. Новосибирск, 2011. 157 с. Электронный ресурс - Методические материалы НГУ: http://wwwold.inp.nsk.su/students/radio/2014/stat_RF_v3.pdf

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Специальные помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет";
- Лицензионное программное обеспечение (*Windows, Microsoft Office*);

- Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются (при необходимости) электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, направленность 01.04.03 Радиофизика.

Автор _____ А.М. Фейгин

Ответственный за направление подготовки _____ Вл.В. Кочаровский

Рецензент _____

Программа принята на заседании Ученого совета Отделения физики плазмы и электроники больших мощностей ИПФ РАН, протокол № ____ от _____ года.

Ученый секретарь ОФПиЭБМ _____ О.С. Моченева

Программа принята на заседании Ученого совета отделения геофизических исследований и Центра гидроакустики ИПФ РАН, протокол № ____ от _____ года.

Ученый секретарь ОГИиЦГ _____ М.В. Шаталина

Программа принята на заседании Ученого совета отделения нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН, протокол № ____ от _____ года.

Ученый секретарь ОНДиО _____ А.В. Коржиманов

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

ПК-1: Способность самостоятельно разбираться, непредвзято оценивать и оперативно ориентироваться в передовых идеях и самых последних достижениях современной физики

Индикаторы компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
	1 Плохо	2 Неудовлетворительно	3 Удовлетворительно	4 Хорошо	5 Отлично
<u>Знания:</u> Знать наиболее перспективные и быстро развивающиеся направления разделов физики, затрагиваемых настоящим курсом; основные нерешенные научные проблемы; недавние и планируемые новаторские эксперименты; а также активно действующие в рамках рассматриваемых тематик научные коллективы	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания без положительного результата применения	Успешная демонстрация знаний лишь по базовым разделам дисциплины	Успешная демонстрация знаний по всем разделам дисциплины с небольшими погрешностями и неточностями	Успешная демонстрация знаний по всем разделам дисциплины
<u>Умения:</u> Уметь разбираться и извлекать требуемую информацию из научных статей, публикуемых в ведущих научных журналах по затрагиваемым разделам физики и относящихся не к учебной, а к профессиональной (в том числе, узкопрофессиональной) литературе; доносить суть физической проблемы, постановки физической задачи, предлагаемых путей решения и достижений до аудитории исследователей-физиков, включающей не только узких специалистов.	Отсутствие умений	Фрагментарное присутствие умений без положительного результата применения	Успешная демонстрация умений лишь по базовым разделам дисциплины	Успешная демонстрация умений по всем разделам дисциплины с небольшими недочетами и неточностями	Успешная демонстрация умений по всем разделам дисциплины
<u>Навыки:</u> Владеть навыками получения релевантной информации о состоянии конкретной научной проблемы, включая поиск научных публикаций по теме и беглый анализ их значимости; расширения научного кругозора в областях, не совпадающих с непосредственной исследовательской задачей обучающегося.	Отсутствие навыков	Фрагментарные навыки без положительного результата применения	Успешная демонстрация навыков, соответствующая базовым разделам дисциплины, с некоторыми недочетами	Успешная демонстрация навыков, соответствующая всем разделам дисциплины, с небольшими недочетами	Успешная демонстрация навыков, соответствующая всем разделам дисциплины

ПК-2: Способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя специализированные знания в области физики и астрономии, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
	1 Плохо	2 Неудовлетворительно	3 Удовлетворительно	4 Хорошо	5 Отлично
<u>Знания:</u> Знать основные радиофизические методы и подходы к исследованиям колебательно-волновых процессов (как линейных, так и нелинейных) в системах различной физической природы	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания без положительного результата применения	Успешная демонстрация знаний лишь по базовым разделам дисциплины	Успешная демонстрация знаний по всем разделам дисциплины с небольшими погрешностями	Успешная демонстрация знаний по всем разделам дисциплины
<u>Умения:</u> Уметь применять полученные знания для анализа процессов генерации, усиления, передачи и трансформации электромагнитного излучения различных частотных диапазонов, а также нелинейной динамики сложных пространственно-временных процессов и систем.	Отсутствие умений	Фрагментарное присутствие умений без положительного результата применения	Успешная демонстрация умений лишь по базовым разделам дисциплины	Успешная демонстрация умений по всем разделам дисциплины с небольшими недочетами и неточностями	Успешная демонстрация умений по всем разделам дисциплины
<u>Навыки:</u> Владеть современным математическим аппаратом для научных исследований в различных областях физики и радиофизики с учетом отечественного и зарубежного опыта	Отсутствие навыков	Фрагментарные навыки без положительного результата применения	Успешная демонстрация навыков, соответствующая базовым разделам дисциплины, с некоторыми недочетами	Успешная демонстрация навыков, соответствующая всем разделам дисциплины, с небольшими недочетами	Успешная демонстрация навыков, соответствующая всем разделам дисциплины

ПК-3: Способность свободно ориентироваться в разделах физики, необходимых для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (в соответствии с направленностью подготовки)

Индикаторы компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
	1 Плохо	2 Неудовлетворительно	3 Удовлетворительно	4 Хорошо	5 Отлично
<u>Знания:</u> Знать основные разделы радиофизики, необходимые для решения практических, в том числе и научно-инновационных, задач	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания без положительного результата применения	Успешная демонстрация знаний лишь по базовым разделам дисциплины	Успешная демонстрация знаний по всем разделам дисциплины с небольшими погрешностями	Успешная демонстрация знаний по всем разделам дисциплины
<u>Умения:</u> Уметь применять полученные в области радиофизики знания для решения практических, в том числе и научно-инновационных, задач	Отсутствие умений	Фрагментарное присутствие умений без положительного результата применения	Успешная демонстрация умений лишь по базовым разделам дисциплины	Успешная демонстрация умений по всем разделам дисциплины с небольшими недочетами и неточностями	Успешная демонстрация умений по всем разделам дисциплины
<u>Навыки:</u> Владеть навыками решения практических задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие навыков	Фрагментарные навыки без положительного результата применения	Успешная демонстрация навыков, соответствующая базовым разделам дисциплины, с некоторыми недочетами	Успешная демонстрация навыков, соответствующая всем разделам дисциплины, с небольшими недочетами	Успешная демонстрация навыков, соответствующая всем разделам дисциплины

Вопросы по программе кандидатского экзамена

1. Линейные колебательные системы. Разложение на нормальные колебания.
3. Линейная колебательная система под воздействием внешней силы.
4. Явление параметрического резонанса.
5. Метод Ван-дер-Поля,
6. Усреднение в системах, содержащих быстрые и медленные движения. Метод Крылова—Боголюбова.
7. Усредненная высокочастотная сила, действующая на заряженную частицу.
8. Автоколебательные системы. Взаимная синхронизация колебаний двух генераторов.
9. Распределенные автоколебательные системы. Лазер как пример такой системы. Условия самовозбуждения.
10. Хаотические колебания в динамических системах. Понятие о хаотическом (странном) аттракторе.
11. Плоские однородные волны. Понятие нормальной волны. Дисперсионное уравнение для волн в анизотропных средах.
12. Плотность и поток энергии волнового поля в прозрачной диспергирующей среде.
- 13.. Фазовая и групповая скорости волн в прозрачной диспергирующей среде.
14. Соотношения Крамерса—Кронига и принцип причинности.
15. Приближение геометрической оптики. Уравнения эйконала. Дифференциальное уравнение луча; лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах.
16. Волны в нелинейных средах без дисперсии. Образование разрывов. Ударные волны.
17. Уравнение Кортевега—де-Вриза и нелинейное уравнение Шредингера. Солитоны.
18. Взаимодействия плоских волн в диспергирующих средах. Генерация второй гармоники.
19. Самовоздействие волновых пучков. Самоподдерживающиеся волновые каналы; самофокусировка.
20. Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность.
21. Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера—Хинчина. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций.
22. Марковские процессы. Уравнение Фоккера—Планка.
23. Флуктуационно-диссипационная теорема..
24. Оптические резонаторы. Резонатор Фабри—Перо. Понятие о добротности резонатора.
25. Свойство волн в волноведущих системах.
26. Механизм взаимодействия волн и частиц при черенковском и циклотронном резонансе; модель нелинейного маятника.
27. Излучение антенн; ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности. Эффективная площадь антенны.
28. Радиолокационное сечение рассеяния.
29. Понятие о температуре принимаемого излучения и шумовой температуре антенны.
30. Понятие о колмогоровском спектре турбулентности.