



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
2.1.4 РАДИОФИЗИКА**

Шифр и наименование группы научных специальностей: **1.3 Физические науки**

Шифр и наименование научной специальности: **1.3.4. Радиофизика**  
Форма обучения: очная

Институт математики, естествознания и техники  
Кафедра: Физики, радиотехники и электроники

Трудоёмкость в ЗЕТ - 2

Трудоёмкость в часах – 72

Разработчик: к.ф.-м.н., доцент Пешков И.В.

## **Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Радиофизика» разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства образования и науки высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель дисциплины:** формирование у аспирантов углубленных представлений об общих радиофизических закономерностях колебательно-волновых процессов (как линейных, так и нелинейных) в системах различной физической природы.

**Задачи изучения дисциплины:** 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.

### **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ**

Дисциплина относится к образовательному компоненту программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:

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

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

владеть: современным математическим аппаратом для научных

исследований в различных областях физики и радиофизики с учетом отечественного и зарубежного опыта

#### 4. СТРУКТУРА, ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Аудиторных часов – 72, в том числе – 36 часов лекций, 36 часов практических занятий. Самостоятельная работа – 63 часа.

##### 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, академ. часы			
		Всего часов	аудиторные занятия		Самостоятельная работа
			Лекции	практические (лабораторные)	
1.	Раздел 1. Теория колебаний и нелинейная динамика.		6	6	10
2.	Линейные колебательные системы с одной степенью свободы. Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания. Вынужденные колебания.		6	6	10
3.	Раздел 2. Электромагнитные волны в однородных изотропных средах		7	7	13
4.	Общие решения однородного волнового уравнения в виде сферических, цилиндрических и плоских волн. Фазовая и групповая скорости. Энергия и импульс электромагнитных волн.		7	7	13
5.	Раздел 3. Распространение электромагнитных волн		7	7	13

6.	Закрытые и открытые (квазиоптические) линии передач. Потери электромагнитной энергии в линиях передач. Дисперсионное уравнение для волн в анизотропных средах.		7	7	13
7.	<b>Раздел 4. Волны в нелинейных средах</b>		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>
8.	Волны в нелинейных средах без дисперсии. Образование разрывов. Ударные волны. Стационарные волны. Понятие о солитонах. Параметрическое усиление и генерация.		6	6	12
9.	<b>Раздел 5. Случайные величины и процессы, способы их описания</b>		<b>10</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
10.	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.		10	10	15
<b>ИТОГО:</b>		<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>63</b>

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Текущий контроль по дисциплине осуществляется в форме (контрольной работы, тестирования)...

*Типовой вариант к/р*

Для гауссовой плотности с  $\sigma = 1$  и  $x_0 = 3$

(а) Используйте Python/Numpy и постройте график функции для  $-10 \leq x \leq 10$ .

(б) Какова вероятность  $P(x \leq 2)$ ?

5.2. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре в форме зачета с оценкой, а также в 4 семестре в форме кандидатского экзамена.

*Перечень вопросов к зачету с оценкой*

1. Линейные колебательные системы с одной степенью свободы.

2. Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы.
3. Нормальные колебания. Вынужденные колебания.
4. Общие решения однородного волнового уравнения в виде сферических, цилиндрических и плоских волн.
5. Фазовая и групповая скорости.
6. Энергия и импульс электромагнитных волн.
7. Закрытые и открытые (квазиоптические) линии передач.
8. Потери электромагнитной энергии в линиях передач.

#### *Перечень вопросов к экзамену*

1. Дисперсионное уравнение для волн в анизотропных средах.
2. Волны в нелинейных средах без дисперсии.
3. Образование разрывов. Ударные волны.
4. Стационарные волны.
5. Понятие о солитонах.
6. Параметрическое усиление и генерация.
7. Стационарный случайный процесс.
8. Статистическое усреднение и усреднение во времени.
9. Эргодичность.
10. Измерение вероятностей и средних значений.
11. Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов.
12. Теорема Винера-Хинчина.
13. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций.
14. Модельные случайные процессы: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум, импульсные случайные процессы, дробовой шум.
15. Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера-Планка.
16. Случайные динамические системы.

#### **Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

##### ***Критерии оценивания для зачета с оценкой.***

Оценка «отлично» - наличие глубоких исчерпывающих знаний (в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с поставленными программой курса целями и задачами обучения); грамотное и логически стройное изложение материала, усвоение основной и знакомство с дополнительной литературой.

Оценка «хорошо» - наличие твердых и достаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с целями обучения), правильные действия по применению знаний, умений, владений на практике, четкое изложение материала, допускаются отдельные логические и стилистические погрешности, сдающий усвоил основную литературу, рекомендованную в программе дисциплины;

Оценка «удовлетворительно» - наличие недостаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы), изложение материала с отдельными

ошибками, правильные в целом действия по применению знаний на практике.

Оценка «неудовлетворительно» - тема реферата не раскрыта, наличие грубых ошибок, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике.

#### **Критерии оценивания для кандидатского экзамена.**

Содержание и структура кандидатского экзамена и критерии оценивания определены в Программе кандидатского экзамена по специальности.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Основная литература,**

1. А. А. Балакин, Г. М. Фрайман Основы теории колебаний и волн. Динамика сосредоточенных и 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](http://wwwold.inp.nsk.su/students/radio/2014/stat_RF_v3.pdf)

### **6.2. Дополнительная литература**

1. Гошин, Г.Г. Устройства СВЧ и антенны : учебное пособие / Г.Г.Гошин. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – Ч. 2. Антенны. – 160 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208588> (дата обращения: 01.09.2020)
2. 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.

### **6.3. Электронные образовательные ресурсы**

1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой
----	--	--	---

			точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы.