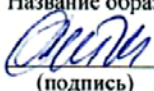




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП  
Радиофизика  
Название образовательной программы»  
  
(подпись) Стаценко Л.Г.  
(Ф.И.О.)  
« 05 » июня 2015 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующая кафедрой  
электроники и средств связи  
Название кафедры)  
  
(подпись) Стаценко Л.Г.  
(Ф.И.О.)  
« 05 » июня 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Распространение радиоволн в неоднородных средах**  
Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия  
Профиль «Радиофизика»  
Форма подготовки (очная)

курс 2 семестр 3  
лекции 18 час. / 0,5 з.е.  
практические занятия 18 час. / 0,5 з.е.  
лабораторные работы – не предусмотрено учебным планом  
с использованием МАО пр. 18 час.  
всего часов контактной работы 36 час.  
в том числе с использованием МАО 18 час.  
самостоятельная работа 72 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 18 час.  
курсовая работа / курсовой проект – не предусмотрено учебным планом  
зачет – не предусмотрено учебным планом  
экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 03 июля 2014г. № 867

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Электроники и средств связи, протокол № 13 от 05.06.2015г.

Заведующая кафедрой Стаценко Л.Г.  
Составитель к-т физ.-мат. наук, доцент Родионов А.Ю.

**Оборотная сторона титульного листа**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры / академического департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой /директор академического департамента

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента):**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой /директор академического департамента

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Распространение радиоволн в неоднородных средах» предназначена для направления подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, профиль «Радиофизика». Трудоемкость дисциплины 3 зачетных единицы, 108 академических часа, из них 18 часов лекций, 18 часов практических работ, 72 часа самостоятельная работа. Данная дисциплина входит в вариативную часть блока обязательных дисциплин. Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 семестре.

**Цель** - ознакомление обучающихся с современными методами описания процессов влияния различных сред на параметры радиоизлучения для дальнейшего использования этих методов в научной работе и на практике.

### **Задачи:**

1. Дать теоретические основы для понимания закономерностей распространения радиоволн в различных условиях.

2. Сформировать у аспирантов умение самостоятельно анализировать и решать проблемы, связанные с распространением радиоволн в неоднородных средах.

Для успешного изучения дисциплины «Распространение радиоволн в неоднородных средах» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

– УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

– УК-2. Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

– УК-3. Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

– УК-4. Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.

– УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

– ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

– ОПК-2. Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие универсальные / общепрофессиональные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-3. Готовность исследовать особенности распространения радиосигналов в различных физических средах	Знает	Основные физические закономерности взаимодействия радиоизлучения с неоднородностями среды распространения; особенности распространения радиосигналов в различных физических средах
	Умеет	Использовать различные существующие методы анализа для описания влияния неоднородностей на параметры излучения в зависимости от конкретных условий исследуемой задачи; Исследовать процессы распространения радиосигналов в различных физических средах
	Владеет	Современными методами исследования особенностей распространения радиосигналов в различных физических средах

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 часов)

### Тема 1. Введение (2 часа)

Теорема взаимности. Область пространства, существенная для процесса распространения радиоволн. Прямолинейное распространение света и метод стационарной фазы. Дифракция от отверстия в экране (область, существенная для прохождения излучения в однородной среде). Область, существенная для отражения. Границы применимости приближения Кирхгофа в случае дифракции на экране.

### Тема 2. Классификация неоднородных сред. Основные методы описания волновых процессов в сплошных средах (4 часа)

Классификация неоднородных сред. Основные методы описания волновых процессов в сплошных средах. Волновое уравнение для неоднородных сред.

### Тема 3. Решение волновых уравнений. Модели среды (4 часа)

Решение волнового уравнения в приближении геометрической оптики. Плоскостная и сферически слоистая модель среды. Виды атмосферной рефракции.

### Тема 4. Распространение радиоволн в турбулентной атмосфере (4 часа)

Распространение радиоволн в турбулентной атмосфере. Волновое уравнение для сплошной случайно неоднородной среды. Рассеяние волн в случайной сплошной среде. Формула Брукера-Гордона. Методы моделирования распространения радиоволн в турбулентной среде в случае слабых флуктуаций. Приближение Рытова. Статистические характеристики

уровня и фазы. Сильные флуктуации. Параболическое уравнение. Метод Гюйгенса-Кирхгофа. Приближение фазового экрана.

#### **Тема 5. Распространение радиоволн в дискретных случайно-неоднородных средах (4 часа)**

Распространение радиоволн в дискретных случайно-неоднородных средах. Взаимодействие излучения с отдельным рассеивателем. Рассеяние волн на совокупности частиц. Радиолокационное сечение рассеяния. Средняя мощность рассеянного поля. Различные приближения рассеяния. Временная, пространственная и частотная корреляция рассеянного поля в разреженном облаке частиц. Основные положения теории многократного рассеяния в дискретных случайно-неоднородных средах. Диаграммная техника. Различные приближения. Теория Фолди - Тверского. Основные положения теории переноса излучения. Связь с теорией многократного рассеяния.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**(18 часов в том числе 18 часов с использованием методов активного обучения)**

### **Практические занятия (18 часов)**

**Занятие 1. Оценка атмосферной рефракции, с использованием активного метода обучения. Дебаты (2 часа)**

**Занятие 2. Рассеяние волн в случайной сплошной среде, с использованием активного метода обучения. Дебаты (4 часа)**

**Занятие 3. Многократные рассеяния в дискретных случайно-неоднородных средах, с использованием активного метода обучения. Проектирование (4 часа)**

**Занятие 4 Радиолокационное сечение рассеяния, с использованием активного метода обучения. Дискуссия (4 часа)**

**Занятие 5. Статистические характеристики уровня и фазы, с использованием активного метода обучения. Проектирование (4 часа)**

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Распространение радиоволн в неоднородных средах» представлено в приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Теоретическая часть	ПК-3	Знает особенности распространения радиосигналов в различных физических средах	Собеседование	Вопросы для подготовки к экзамену
2	Практическая часть	ПК-3	Умеет исследовать процессы распространения радиосигналов в различных физических средах	Реферат	Вопросы для подготовки к экзамену
			Владеет современными методами исследования особенностей распространения радиосигналов в различных физических средах	Контрольная работа	

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

#### V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Основная литература

1. Боков Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Боков Л.А., Замотринский В.А., Мандель А.Е.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 301 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13874>.

2. Горбачев А.П. Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.П. Горбачев, Ю.О. Филимонова. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 212 с. — 978-5-7782-1975-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45199.html>

3. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 200 с. — 978-5-8256-1146-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63924.html>

### Дополнительная литература

1. Александров В.Н. Лабораторный практикум. Электродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Александров, В.Д. Сёмаш. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский педагогический государственный университет, 2014. — 92 с. — 978-5-4263-0147-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70127.html>

2. Шостак А.С. Электродинамика сплошных сред [Электронный ресурс] : курс лекций для аспирантов очного, заочного и дистанционного обучения специальности 201300 / А.С. Шостак. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 190 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72227.html>

3. А. Исимару. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах [2 т.]. Многократное рассеяние, турбулентность, шероховатые поверхности и дистанционное зондирование / А. Исимару ; пер. с англ. Л. А. Апресяна, А. Г. Виноградова, З. И. Фейзулина. - М.: Мир. 1981. — 317 с. — Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:44720&theme=FEFU> – 1 экз.

4. Калинин В.В. Динамика поверхности неоднородных сред [Электронный ресурс]: Монография / Калинин В.В., Белянкова Т.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 313 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24701>.

5. Контактные задачи теории упругости для неоднородных сред [Электронный ресурс] Монография / С.М. Айзикович [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.— 237 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24554>.

6. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику Ч.1. Случайные процессы. / Рытов С.М. - М.: Наука, 1976. — 494 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:671656&theme=FEFU> – 1 экз.

7. К. Борен, Д. Хафмен. Поглощение и рассеяние света малыми частицами: монография / К. Борен, Д. Хафмен ; пер. с англ. З. И. Фейзулина, А. Г. Виноградова, Л. А. Апреяна ; предисл. В. И. Татарского. — М. Мир, 1986. — 664 с. — Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:683296&theme=FEFU> – 1 экз.

8. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн: Учеб. пособие для студ. физ. спец. ун-тов / Виноградова М.Б., Руденко О.В.,

Сухоруков А.П. – М.: Наука, 1990. - 383 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:67299&theme=FEFU> – 1 экз.

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>
4. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>  
Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для изучения дисциплины «Распространение радиоволн в неоднородных средах» обучающемуся предлагаются лекционные и практические занятия. Обязательным элементом является самостоятельная работа. Из 108 общих учебных часов 72 часа отводится на самостоятельную работу аспиранта. В рамках часов, выделенных на самостоятельную работу, аспирант должен производить подготовку к зачетным проверкам, собеседованиям, а также изучать темы, отведенные преподавателем на самостоятельное изучение.

Примерное распределение часов самостоятельной работы, которые аспирант должен отводить на тот или иной вид занятий: закрепление лекционного материала и подготовка к собеседованиям – 28 часов, подготовка к практическим работам – 25 часов, 10 часов подготовка реферата, 9 часов на подготовку к экзамену. Тем не менее, учитывая особенности каждого аспиранта, указанные часы могут варьироваться.

Дисциплину рекомендуется изучать по плану занятий. Обучающийся должен своевременно выполнять задания, выданные на практических занятиях.

При подготовке к лекциям обучающийся изучает план лекционного материала, рекомендованную и дополнительную литературу.

В рамках практической работы предусмотрены решение задачи и реферат на предложенную преподавателем тему.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы с указанием адреса	Перечень основного оборудования
-------	--	---------------------------------



1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. 7296 (Лаборатория Антенно-фидерных и СВЧ устройств). Учебная аудитория для проведения занятий лекционного, практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 21) Генераторы высокочастотных сигналов Г4-78; Г4-109 В/Ч-09668-КРМ; Генератор ВЧ сигнала ГК4-19А; Блок измерительный (0,11-12,05 ГГц) + гетеродин + преобразователь частоты (8,15-12,05 ГГц); генератор СВЧ-диапазона 43И
2.	Аудитория для самостоятельной работы аспирантов: 690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А, каб. А1017	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей PolymediaFlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками XeroxWorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.
3.	Помещение для хранения и профилактики учебного оборудования. 690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. 225	



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Распространение радиоволн в неоднородных средах»**

Направление подготовки *03.06.01 Физика и астрономия*

Профиль «Радиофизика»

Форма подготовки (очная)

**Владивосток  
2015**

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя	Закрепление лекционного материала, подготовка к собеседованию	4	Собеседование
2	1 неделя	Выполнение практических заданий, повторение лекционного материала, изучение дополнительной литературы	8	Контрольная работа
3	2 неделя	Закрепление лекционного материала, подготовка к собеседованию	4	Собеседование
4	2 неделя	Выполнение практических заданий, повторение лекционного материала, изучение дополнительной литературы	8	Контрольная работа
5	3 неделя	Закрепление лекционного материала, подготовка к собеседованию	4	Собеседование
6	3 неделя	Выполнение практических заданий, повторение лекционного материала, изучение дополнительной	8	Контрольная работа

		литературы		
7	4 неделя	Закрепление лекционного материала, подготовка к собеседованию	4	Собеседование
8	4 неделя	Выполнение практических заданий, повторение лекционного материала, изучение дополнительной литературы	8	Контрольная работа
9	1-4 неделя	Поиск информации и проведение исследования по тематике реферата	6	Реферат
10	4 неделя	Подготовка к экзамену	18	Экзамен

### **Методические указания по подготовке к контрольным работам**

Контрольные работы представляют особую форму сочетания теории и практики. Их назначение – проверить проработку теоретического и практического материала предмета за время регулярной и планомерной самостоятельной работы аспирантов на протяжении всего курса. Процесс подготовки к контрольным работам включает изучение нормативных документов, обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу.

### **Методические указания по подготовке к собеседованиям**

При подготовке к собеседованиям по темам дисциплины «Распространение радиоволн в неоднородных средах» необходимо изучить основную и дополнительную литературу, а также воспользоваться ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Перечень вопросов для собеседования находится в приложении 2.

## Методические указания по подготовке реферата

Реферат относится к категории «письменная работа», оформляется по правилам оформления письменных работ ДВФУ.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении реферата:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.
- Набор текста
- Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:
- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – TimesNewRoman;
- размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все приложения включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

Рекомендации по оформлению графического материала, полученного с экранов в виде «скриншотов».

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т.п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т.п.

В перенесенных в реферат «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в реферате оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

### **Методические указания по подготовке к экзамену**

К концу семестра обучающийся должен отчитаться по всем практическим работам. Темы, рассмотренные на лекционных занятиях, но не затронутые на практических занятиях, разбираются обучающимися во время самостоятельной работы.

При подготовке к экзамену необходимо повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Распространение радиоволн в неоднородных средах»**  
Направление подготовки *03.06.01 Физика и астрономия*  
Профиль «Радиофизика»  
Форма подготовки (очная)

**Владивосток**  
**2015**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-3. Готовность исследовать особенности распространения радиосигналов в различных физических средах	Знает	Основные физические закономерности взаимодействия радиоизлучения с неоднородностями среды распространения; особенности распространения радиосигналов в различных физических средах
	Умеет	Использовать различные существующие методы анализа для описания влияния неоднородностей на параметры излучения в зависимости от конкретных условий исследуемой задачи; Исследовать процессы распространения радиосигналов в различных физических средах
	Владеет	Современными методами исследования особенностей распространения радиосигналов в различных физических средах

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Теоретическая часть	ПК-3	Знает особенности распространения радиосигналов в различных физических средах	Собеседование	Вопросы для подготовки к экзамену
2	Практическая часть	ПК-3	Умеет исследовать процессы распространения радиосигналов в различных физических средах	Реферат	Вопросы для подготовки к экзамену
			Владеет современными методами исследования особенностей распространения радиосигналов в различных физических средах	Контрольная работа	Вопросы для подготовки к экзамену



### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-3. Готовность исследовать особенности распространения радиосигналов в различных физических средах	знает (пороговый уровень)	Знает особенности распространения радиосигналов в различных физических средах	Сформированные знания особенностей распространения радиосигналов в различных физических средах	60-74
	умеет (продвинутый)	Умеет исследовать процессы распространения радиосигналов в различных физических средах	Сформированное умение исследовать процессы распространения радиосигналов в различных физических средах	75-89
	владеет (высокий)	Владеет современными методами исследования особенностей распространения радиосигналов в различных физических средах	Успешное и систематическое применение современных методов исследования особенностей распространения радиосигналов в различных физических средах	90-100

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### Перечень вопросов к экзамену

1. Волновое уравнение для неоднородных сред.
2. Приближение геометрической оптики. Уравнение эйконала и уравнение переноса.
3. Плоскостная модель среды. Распространение волн в сферически слоистой среде.
4. Рассеяние волн в случайной сплошной среде. Приближение однократного рассеяния.
5. Методы моделирования распространения радиоволн в турбулентной среде в случае слабых флуктуаций.

6. Распространение волнового пучка в пределах прямой видимости.
7. Сильные флуктуации. Параболическое уравнение. Приближение фазового экрана.
8. Рассеяние волн на совокупности частиц. Радиолокационное сечение рассеяния. Средняя мощность рассеянного поля. Различные приближения рассеяния.
9. Временная, пространственная и частотная корреляция рассеянного поля вразреженном облаке частиц.
10. Основные положения теории многократного рассеяния в дискретных случайно-неоднородных средах.
11. Приближение Буре. Лестничное приближение.
12. Теория Фолди - Тверского.
13. Основные положения теории переноса излучения.
14. Приближенные решения для частных случаев.
15. Методы моделирования взаимодействия электромагнитного излучения с растительностью. Особенности анализа в различных частотных диапазонах.

**Критерии оценки результатов по дисциплине «Распространение радиоволн в неоднородных средах»**

Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
Отлично	Оценка «отлично» выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, чётко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причём не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приёмами выполнения практических задач.
Хорошо	Оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приёмами их выполнения.
Удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
Неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится

## Оценочные средства для текущего контроля

### Перечень вопросов для собеседования

#### Тема 1. Введение

Теорема взаимности. Область пространства, существенная для процесса распространения радиоволн. Прямолинейное распространение света и метод стационарной фазы. Дифракция от отверстия в экране (область, существенная для прохождения излучения в однородной среде). Область, существенная для отражения. Границы применимости приближения Кирхгофа в случае дифракции на экране.

Тема 2. Классификация неоднородных сред. Основные методы описания волновых процессов в сплошных средах

Классификация неоднородных сред. Основные методы описания волновых процессов в сплошных средах. Волновое уравнение для неоднородных сред.

#### Тема 3. Решение волновых уравнений. Модели среды

Решение волнового уравнения в приближении геометрической оптики. Плоскостная и сферически слоистая модель среды. Виды атмосферной рефракции.

#### Тема 4. Распространение радиоволн в турбулентной атмосфере

Распространение радиоволн в турбулентной атмосфере. Волновое уравнение для сплошной случайно неоднородной среды. Рассеяние волн в случайной сплошной среде. Формула Брукера-Гордона. Методы моделирования распространения радиоволн в турбулентной среде в случае слабых флуктуаций. Приближение Рытова. Статистические характеристики уровня и фазы. Сильные флуктуации. Параболическое уравнение. Метод Гюйгенса-Кирхгофа. Приближение фазового экрана.

Тема 5. Распространение радиоволн в дискретных случайно-неоднородных средах

Распространение радиоволн в дискретных случайно-неоднородных средах. Взаимодействие излучения с отдельным рассеивателем. Рассеяние волн на совокупности частиц. Радиолокационное сечение рассеяния. Средняя мощность рассеянного поля. Различные приближения рассеяния. Временная, пространственная и частотная корреляция рассеянного поля в разреженном облаке частиц. Основные положения теории многократного рассеяния в дискретных случайно-неоднородных средах. Диаграммная техника. Различные приближения. Теория Фолди-Тверского. Основные положения теории переноса излучения. Связь с теорией многократного рассеяния.

### Темы проектов

1. Многократные рассеяния в дискретных случайно-неоднородных средах.
2. Статистические характеристики уровня и фазы.

### **Перечень тем для дискуссии**

1. Оценка атмосферной рефракции
2. Рассеяние волн в случайной сплошной среде
3. Радиолокационное сечение рассеяния