

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И.  
Лобачевского»

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан \_\_\_\_\_ Матросов В.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Распространение радиоволн**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**Бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Специальность

**02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Информационные системы и технологии**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**Бакалавр**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022

### 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «**Распространение радиоволн**» относится к обязательным дисциплинам вариативной части основной образовательной программы по специальности 02.03.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии", является обязательной дисциплиной на 3 курсе (в 6 семестре) бакалавриата.

**Целями освоения дисциплины являются:**

формирование у студентов представления о механизмах распространения радиоволн в околоземном пространстве.

В процессе изучения дисциплины студенты должны приобрести знания по теоретическим основам распространения радиоволн в околоземном пространстве, овладеть аналитическими и численными методами расчета мощности и других характеристик сигналов в системах радиосвязи, радионавигации и радиолокации.

**2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

<b>Формируемые компетенции</b> (код компетенции, этап формирования)	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций</b>
ПК-1: способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям. Этап формирования базовый	31 (ПК-1). Знать основные физические явления, процессы и законы, определяющие характер распространения радиоволн в околоземном пространстве. 32 (ПК-1): Знать результаты современных научных исследований в области распространения радиоволн в околоземном пространстве. У1 (ПК-1). Уметь использовать основные законы для решения конкретных задач в области распространения радиоволн в околоземном пространстве. У2 (ПК-1). Уметь формировать выводы по результатам научных исследований.

### 3. Структура и содержание дисциплины «Распространение радиоволн»

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 48 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа), 1 час - мероприятия текущего контроля успеваемости, 23 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

## Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	В том числе															
	Всего (часы)			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них										Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				типичного Занятия			типаинарского Занятия			типабораторного Занятия			Всего			
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	
Введение.	2			2									2			
Тема 2. Электромагнитные волны в средах.	10			4			2						6		4	
Тема 3. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности.	18			8			4						12		6	
Тема 4. Распространение радиоволн ОНЧ-диапазона в волноводе Земля-ионосфера.	16			6			4						10		6	
Тема 5. Распространение радиоволн в ионосфере.	14			6			4						10		4	
Тема 6. Распространение радиоволн в тропосфере.	11			6			2						8		3	
В т.ч. текущий контроль	1						1						1			
Промежуточная аттестация —зачёт- 2																

## 4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий курса «**Распространение радиоволн**» являются лекции с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), практические занятия и самостоятельная работа студента.

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются следующие виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных и практических занятий, а также в процессе зачетов и экзаменов по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, комплекты слайдов, конспекты лекций.

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

**6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1: способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	31 (ПК-1). Знать основные физические явления, процессы и законы, определяющие характер распространения радиоволн в околоземном пространстве. 32 (ПК-1).: Знать результаты современных научных исследований в области распространения радиоволн в околоземном пространстве.
	У1 (ПК-1). Уметь использовать основные законы для решения конкретных задач в области распространения радиоволн в околоземном пространстве. У2 (ПК-1). Уметь формировать выводы по результатам научных исследований

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	хорошо	Очень хорошо	отлично	Превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний из-за отказа от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имел место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов.

<b>Навыки</b>	Отсутствие владения материалом. Невозможно оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачёта, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачёт включает устную и письменную часть. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Письменная часть зачёта предусматривает решение задач.

## 6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования

*Для оценивания результатов обучения в виде знаний используется правильность ответов на следующие вопросы:*

1. Электрические свойства почвы. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
2. Распространение электромагнитных волн в поглощающих средах. Толщина скин-слоя.
3. Характеристический импеданс. Приведенный поверхностный импеданс.
4. Коэффициенты отражения Френеля для ТМ- и ТЕ-волн.
5. Излучение вертикального электрического диполя, расположенного вблизи плоской поверхности Земли. Постановка задачи и решение в интегральной форме
6. Излучение вертикального электрического диполя, расположенного вблизи плоской поверхности Земли. Области, существенные для распространения и отражения радиоволн.
7. Излучение вертикального электрического диполя, расположенного вблизи плоской поверхности Земли. Отражательные формулы.
8. Излучение вертикального электрического диполя, расположенного вблизи плоской поверхности Земли. Формула Введенского.
9. Излучение вертикального электрического диполя, расположенного вблизи плоской поверхности Земли. Функция ослабления.
10. Отражение радиоволн от шероховатой поверхности. Критерий Релея.
11. Дифракция радиоволн на крае плоского экрана. Приближение Кирхгофа.
12. Дифракция радиоволн на крае плоского экрана. Приближение Кирхгофа.

13. Основы геометрической теории дифракции.
14. Распространение радиоволн ОНЧ-диапазона в волноводе Земля-ионосфера. Постановка задачи. Решение в интегральной форме.
15. Распространение радиоволн ОНЧ-диапазона в волноводе Земля-ионосфера. Поле в дальней зоне.
16. Распространение радиоволн ОНЧ-диапазона в волноводе Земля-ионосфера. Поле в ближней зоне.
17. Дисперсионное уравнение для поперечных волн в холодной изотропной плазме.
18. Характеристики нормальных волн в однородной магнитоактивной плазме.
19. Приближение геометрической оптики для поперечных электромагнитных волн в неоднородной изотропной плазме. Уравнение эйконала. Уравнения лучей.
20. Приближение геометрической оптики для поперечных электромагнитных волн в неоднородной изотропной плазме. Уравнение переноса.
21. Лучевое приближение для нормальных волн в неоднородной магнитоактивной плазме. Уравнение эйконала. Уравнения лучей. Поляризация нормальных волн.
22. Лучевое приближение для нормальных волн в неоднородной магнитоактивной плазме. Уравнение переноса.
23. Линейная трансформация нормальных волн.
24. Рефракция радиоволн в тропосфере. Приведенный показатель преломления и индекс рефракции в тропосфере.
25. Рассеяние радиоволн неоднородностями в тропосфере.
26. Поглощение и рассеяние радиоволн гидрометеорами.
27. Молекулярное поглощение радиоволн.

***Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используется***

проверка способности обучаемого решать задачи, связанные с расчётами характеристик радиоволн различных диапазонов в различных условиях.

**6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.**

**Примеры заданий:**

Вертикальный электрический диполь находится на высоте  $h = \lambda/2$  над плоской границей Земли. Считая, что ток в диполе меняется во времени по гармоническому закону, вычислить напряженности электрического и магнитного полей в зоне Фраунгофера и построить диаграмму направленности излучателя. Проводимость Земли считать бесконечно большой.

Найти зависимость функции ослабления от проводимости почвы при больших значениях численного расстояния.

Проанализировать зависимость мощности принимаемого сигнала от высоты расположения приемной антенны в условиях, когда между передающей и приемной антеннами расположено здание.

Найти зависимость дальности распространения ионосферной волны с частотой  $\omega$  от угла выхода луча с земной поверхности  $\vartheta$  в предположении, что электронная концентрация в ионосфере растёт

$$N(z) = N_0 \frac{z-h}{L}$$

с высотой по линейному закону, где  $h$  – высота нижней границы ионосферы,  $L$  – характерный масштаб неоднородности.

**6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) «Распространение радиоволн»**

### **а) основная литература:**

1. Фейнберг Е.Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. – М.: Наука :Физматлит, 1999.
2. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн. – М.: Сов. Радио, 1972.
3. Черенкова Е.Л., Чернышов О.В. Распространение радиоволн. – М.: Радио и связь, 1984.
4. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн. М.: Высшая школа, 1967.
5. Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г. Распространение радиоволн. Ленанд, 2009.
6. Гинзбург В.Л. Электромагнитные волны в плазме. М.: Наука, 1967.
7. Альперт Я.Л. Распространение радиоволн и ионосфера. М.: Наука, 1972.
8. Гершман Б.Н., Ерухимов Л.М., Яшин Ю.Я. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. – М.: Наука, 1984.
9. Железняков В.В. Электромагнитные волны в космической плазме. – М.: Наука, 1977.
10. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. – М.: Мир, 1973.
11. Колосов М.А., Арманд Н.А., Яковлев О.И. Распространение радиоволн при космической связи. – М.: Связь, 1969.

### **б) дополнительная литература:**

1. Макаров Г.И., Новиков В.В., Рыбачек С.Т. Распространение электромагнитных волн над земной поверхностью. – М.: Наука, 1991.
2. Кашпровский В.Е., Кузубов Ф.А. Распространение средних радиоволн земным лучом. – М.: Связь, 1971.
3. Колосов М.А., Шабельников А.В. Рефракция электромагнитных волн в атмосфере Земли, Венеры и Марса. – М.: Советское радио, 1976.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

- аудиторный фонд ННГУ,
- мультимедийный проектор.
- ноутбук.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 020302 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Автор \_\_\_\_\_ В.А. Яшнов

Рецензент \_\_\_\_\_ Юрасова Н.В.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Г. Гавриленко

Программа одобрена на заседании методической комиссии Радиофизического факультета. Протокол заседания методической комиссии радиофизического факультета от 25 февраля 2021 № 01/21.