

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Антенны и распространение радиоволн БЗ.ДВ.5

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения)

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Насыров И.А.

**Рецензент(ы):**

Гумеров Р.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Насыров И.А. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем , Igor.Nasyrov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Изучение и практическое применение методов построения высоко эффективных антенно-фидерных систем. Приведены определения основных радиотехнических характеристик антенн, описание конструкций различного типа, используемых в радиосвязи, радиолокации и радиоастрономии.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.5 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Для освоения содержания дисциплины необходимы знания по следующим курсам: "Электродинамика", "Основы теории колебаний".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                       | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|--|---|
| ОК-10<br>(общекультурные компетенции)  | способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии   |
| ОК-11<br>(общекультурные компетенции)  | способностью собирать, обобщать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий информацию, необходимую для формирования суждений по соответствующим специальным, научным, социальным и этическим проблемам |
| ОК-12<br>(общекультурные компетенции)  | способностью к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии   |
| ОК-8<br>(общекультурные компетенции)   | способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности   |
| ПК-1<br>(профессиональные компетенции) | способностью использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач   |
| ПК-2<br>(профессиональные компетенции) | способностью применять на практике базовые профессиональные навыки  |
| ПК-3<br>(профессиональные компетенции) | способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования   |
| ПК-6<br>(профессиональные компетенции) | способностью к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники  |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

знать физическую сущность процессов и явлений, происходящих при распространении волн в однородных и неоднородных средах;

2. должен уметь:

уметь самостоятельно использовать основные методы радиофизических измерений.

3. должен владеть:

владеть методами проведения аналитических и численных расчетов;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

демонстрировать способность и готовность проведения аналитических и численных расчетов;

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|---|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1. | Тема 1. Уравнения Максвелла. Излучение электромагнитных волн. опыты Герца   | 8       | 1                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 2. | Тема 2. Распространение электромагнитных волн. Вывод волнового уравнения. Волновое уравнение для сред с потерями. | 8       | 2                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 3. | Тема 3. Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля. Потенциал для электростатического поля. Векторный потенциал. Зависимые от времени потенциалы. Уравнения для потенциалов.  | 8       | 3                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 4. | Тема 4. Элементарный вибратор. Решения уравнений Даламбера. Физический смысл калибровки Лоренца. Поле вокруг линейного провода. Напряженность электромагнитного поля элементарного вибратора. Три зоны поля вибратора. Напряженность электрического поля в дальней зоне. | 8       | 4                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 5. | Тема 5. Линейный симметричный вибратор. Излучение линейного вибратора. Мощность излучаемая вибратором. Сопротивление излучения симметричного вибратора.  | 8       | 5                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 6. | Тема 6. Методы создания эффективных передающих антенн.   | 8       | 6                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 7. | Тема 7. Влияние земли на направленные свойства антенн.   | 8       | 7                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |

| N   | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|-----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|     |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 8.  | Тема 8. Конструкции антенн. Поле горизонтального диполя в вертикальной плоскости. Поле вертикального диполя в вертикальной плоскости. Квадратичная формула Веденского. | 8       | 8                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 9.  | Тема 9. Симметричный вибратор с рефлектором. Пассивный рефлектор. Активный рефлектор.  | 8       | 9                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 10. | Тема 10. Основные радиотехнические характеристики антенн.  | 8       | 10                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 11. | Тема 11. Рупорные антенны. Схемы построения и основы теории.   | 8       | 11                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 12. | Тема 12. Зеркальные антенны. Схемы построения и основы теории.   | 8       | 12                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 13. | Тема 13. МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ, ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ И ШУМОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ АНТЕННЫ  | 8       | 13                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 14. | Тема 14. Фазированные антенные решетки   | 8       | 14                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 15. | Тема 15. Земные и тропосферные волны.  | 8       | 15                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 16. | Тема 16. Распространение УКВ в урбанизированных средах.  | 8       | 16                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |

| N   | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                                      | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|-----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|     |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 17. | Тема 17. Строение ионосферы и распространение в ней радиоволн.       | 8       | 17                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 18. | Тема 18. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов. | 8       | 18                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |
|     | Тема . Итоговая форма контроля                                       | 8       |                    | 0   | 0                       | 0                      | экзамен                   |
|     | Итого  |         |                    | 36  | 0                       | 0                      |                           |

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### **Тема 1. Уравнения Максвелла. Излучение электромагнитных волн. опыты Герца**

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Уравнения Максвелла. Излучение электромагнитных волн. опыты Герца

##### **Тема 2. Распространение электромагнитных волн. Вывод волнового уравнения.**

###### **Волновое уравнение для сред с потерями.**

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Распространение электромагнитных волн. Вывод волнового уравнения. Волновое уравнение для сред с потерями.

##### **Тема 3. Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля. Потенциал для электростатического поля. Векторный потенциал. Зависимые от времени потенциалы. Уравнения для потенциалов.**

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля. Потенциал для электростатического поля. Векторный потенциал. Зависимые от времени потенциалы. Уравнения для потенциалов.

##### **Тема 4. Элементарный вибратор. Решения уравнений Даламбера. Физический смысл калибровки Лоренца. Поле вокруг линейного провода. Напряженность электромагнитного поля элементарного вибратора. Три зоны поля вибратора. Напряженность электрического поля в дальней зоне.**

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Элементарный вибратор. Решения уравнений Даламбера. Физический смысл калибровки Лоренца. Поле вокруг линейного провода. Напряженность электромагнитного поля элементарного вибратора. Три зоны поля вибратора. Напряженность электрического поля в дальней зоне.

##### **Тема 5. Линейный симметричный вибратор. Излучение линейного вибратора. Мощность излучаемая вибратором. Сопротивление излучения симметричного вибратора.**

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Линейный симметричный вибратор. Излучение линейного вибратора. Мощность излучаемая вибратором. Сопротивление излучения симметричного вибратора.

##### **Тема 6. Методы создания эффективных передающих антенн.**

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Методы создания эффективных передающих антенн.

##### **Тема 7. Влияние земли на направленные свойства антенн.**

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Влияние земли на направленные свойства антенн.

**Тема 8. Конструкции антенн. Поле горизонтального диполя в вертикальной плоскости. Поле вертикального диполя в вертикальной плоскости. Квадратичная формула Веденского.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Конструкции антенн. Поле горизонтального диполя в вертикальной плоскости. Поле вертикального диполя в вертикальной плоскости. Квадратичная формула Веденского.

**Тема 9. Симметричный вибратор с рефлектором. Пассивный рефлектор. Активный рефлектор.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Симметричный вибратор с рефлектором. Пассивный рефлектор. Активный рефлектор.

**Тема 10. Основные радиотехнические характеристики антенн.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Основные радиотехнические характеристики антенн.

**Тема 11. Рупорные антенны. Схемы построения и основы теории.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Рупорные антенны. Схемы построения и основы теории.

**Тема 12. Зеркальные антенны. Схемы построения и основы теории.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Зеркальные антенны. Схемы построения и основы теории.

**Тема 13. МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ, ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ И ШУМОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ АНТЕННЫ**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ, ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ И ШУМОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ АНТЕННЫ

**Тема 14. Фазированные антенные решетки**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Фазированные антенные решетки

**Тема 15. Земные и тропосферные волны.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Земные и тропосферные волны.

**Тема 16. Распространение УКВ в урбанизированных средах.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Распространение УКВ в урбанизированных средах.

**Тема 17. Строение ионосферы и распространение в ней радиоволн.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Строение ионосферы и распространение в ней радиоволн.

**Тема 18. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.

#### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|---|-------------------|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
|---|-------------------|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|

|    |  |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|--|
| 1. | Тема 1. Уравнения Максвелла. Излучение |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|--|



## электромагнитных волн. Опыты Герца

8

1

Проработка  
лекционного  
материала.

## Работа с литературой

| N  | Раздел<br>Дисциплины   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов         | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|--|---------|--------------------|--|---------------------------|---|
| 2. | Тема 2. Распространение электромагнитных волн. Вывод волнового уравнения. Волновое уравнение для сред с потерями.  | 8       | 2                  | Проработка лекционного материала. Работа с литературой | 2                         | Устный опрос                                |
| 3. | Тема 3. Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля. Потенциал для электростатического поля. Векторный потенциал. Зависимые от времени потенциалы. Уравнения для потенциалов.  | 8       | 3                  | Проработка лекционного материала. Работа с литературой | 2                         | Устный опрос                                |
| 4. | Тема 4. Элементарный вибратор. Решения уравнений Даламбера. Физический смысл калибровки Лоренца. Поле вокруг линейного провода. Напряженность электромагнитного поля элементарного вибратора. Три зоны поля вибратора. Напряженность электрического поля в дальней зоне. | 8       | 4                  | Проработка лекционного материала. Работа с литературой | 2                         | Устный опрос                                |
| 5. | Тема 5. Линейный симметричный вибратор. Излучение линейного вибратора. Мощность излучаемая вибратором. Сопротивление излучения симметричного вибратора.  | 8       | 5                  | Проработка лекционного материала. Работа с литературой | 2                         | Устный опрос                                |

| N  | Раздел<br>Дисциплины                                   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов  | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|--|---------|--------------------|---|---------------------------|---|
| 6. | Тема 6. Методы создания эффективных передающих антенн. | 8       | 6                  | Проектирование антенны, состоящей из системы линейных симметричных вибраторов. Исследование диаграмм  | 4                         | Письменный отчет.                           |
|    |  |         |                    | Проектирование линейного симметричного вибратора в программе MMANA-GAL. Исследование его диаграммы    | 2                         | Письменный отчет.                           |
|    |  |         |                    | Самостоятельное изучение программы MMANA-GAL. Знакомство с моделями антенн заложенных в базу данных   | 2                         | Письменный отчет.                           |
| 7. | Тема 7. Влияние земли на направленные свойства антенн. | 8       | 7                  | Изучение различных типов земли (диэлектрик, проводник, полупроводник) на направленные свойства антенн | 6                         | Письменный отчет.                           |

| N   | Раздел Дисциплины  | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов  | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|-----|--|---------|-----------------|--|------------------------|---------------------------------------|
| 8.  | Тема 8. Конструкции антенн. Поле горизонтального диполя в вертикальной плоскости. Поле вертикального диполя в вертикальной плоскости. Квадратичная формула Веденского. | 8       | 8               | Исследование влияния земли на направленные свойства горизонтального и вертикального диполя.            | 2                      | Письменный отчет.                     |
|     |  |         |                 | Исследование диаграммы направленности вертикального диполя.  | 2                      | Письменный отчет.                     |
|     |  |         |                 | Исследование диаграммы направленности горизонтального диполя.  | 2                      | Письменный отчет.                     |
| 9.  | Тема 9. Симметричный вибратор с рефлектором. Пассивный рефлектор. Активный рефлектор.  | 8       | 9               | Моделирование симметричного вибратора с пассивным и активным рефлектором. Исследование их диаграмм     | 2                      | Письменный отчет.                     |
| 10. | Тема 10. Основные радиотехнические характеристики антенн.  | 8       | 10              | Исследование влияния земли и входного сопротивления на основные радиотехнические характеристики антенн | 2                      | Письменный отчет.                     |
| 11. | Тема 11. Рупорные антенны. Схемы построения и основы теории.   | 8       | 11              | Моделирование рупорной антенны СВЧ диапазона в программе MMANA-GAL.                                    | 2                      | Письменный отчет.                     |
|     | Итого  |         |                 |  | 36                     |                                       |

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Чтение лекций.

Самостоятельное изучение программы MMANA-GAL.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### **Тема 1. Уравнения Максвелла. Излучение электромагнитных волн. Опыты Герца**

Устный опрос , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

### **Тема 2. Распространение электромагнитных волн. Вывод волнового уравнения. Волновое уравнение для сред с потерями.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

### **Тема 3. Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля. Потенциал для электростатического поля. Векторный потенциал. Зависимые от времени потенциалы. Уравнения для потенциалов.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

### **Тема 4. Элементарный вибратор. Решения уравнений Даламбера. Физический смысл калибровки Лоренца. Поле вокруг линейного провода. Напряженность электромагнитного поля элементарного вибратора. Три зоны поля вибратора. Напряженность электрического поля в дальней зоне.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

### **Тема 5. Линейный симметричный вибратор. Излучение линейного вибратора. Мощность излучаемая вибратором. Сопротивление излучения симметричного вибратора.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

### **Тема 6. Методы создания эффективных передающих антенн.**

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой Проработка лекционного материала. Работа с литературой

### **Тема 7. Влияние земли на направленные свойства антенн.**

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

### **Тема 8. Конструкции антенн. Поле горизонтального диполя в вертикальной плоскости. Поле вертикального диполя в вертикальной плоскости. Квадратичная формула Введенского.**

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

### **Тема 9. Симметричный вибратор с рефлектором. Пассивный рефлектор. Активный рефлектор.**

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

### **Тема 10. Основные радиотехнические характеристики антенн.**

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

## **Тема 11. Рупорные антенны. Схемы построения и основы теории.**

Письменный отчет. , примерные вопросы:

Проработка лекционного материала. Работа с литературой

## **Тема 12. Зеркальные антенны. Схемы построения и основы теории.**

## **Тема 13. МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ, ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ И ШУМОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ АНТЕННЫ**

## **Тема 14. Фазированные антенные решетки**

## **Тема 15. Земные и тропосферные волны.**

## **Тема 16. Распространение УКВ в урбанизированных средах.**

## **Тема 17. Строение ионосферы и распространение в ней радиоволн.**

## **Тема 18. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.**

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Вопросы к экзамену по курсу

Антенны и распространения радиоволн

1. Уравнения Максвелла.
2. Электромагнитные волны в среде без потерь.
3. Электромагнитные волны в среде с потерями (среда диэлектрик).
4. Электромагнитные волны в среде с потерями (среда проводник).
5. Критерий разделения сред на диэлектрики и проводники.
6. Векторный и скалярный потенциалы.
7. Уравнения Даламбера. Калибровка Лоренца.
8. Решение уравнений Даламбера. Поле вокруг линейного провода.
9. Напряженность электрического поля и векторного потенциала элементарного вибратора.
10. Три зоны поля вибратора. Ближняя зона. Дальняя зона. Промежуточная зона.
11. Напряженность электрического поля в дальней зоне в свободном пространстве. Диаграмма направленности элементарного вибратора. Мощность, излучаемая вибратором. Сопrotивление излучения вибратора.
12. Излучение линейного симметричного вибратора.
13. Диаграмма направленности линейного симметричного вибратора в свободном пространстве.
14. Мощность, излучаемая линейным симметричным вибратором.
15. Сопrotивление излучения симметричного вибратора.
16. Эффективность передающей антенны.
17. Диаграмма направленности системы линейных симметричных вибраторов в свободном пространстве.
18. Антенна, состоящая из нескольких рядов линейных симметричных вибраторов.
19. Влияние "земли" на направленные свойства антенны в вертикальной плоскости.
20. Поле горизонтального диполя в вертикальной плоскости.
21. Поле вертикального диполя в вертикальной плоскости.
22. Квадратичная формула Веденского.
23. Симметричный вибратор с рефлектором. Активный рефлектор.
24. Симметричный вибратор с рефлектором. Пассивный рефлектор.

### **7.1. Основная литература:**

Антенные решетки с последовательным питанием, Банков, Сергей Евгеньевич, 2013г.

Адаптивные антенны систем связи и телекоммуникаций, Чони, Юрий Иванович, 2012г.

Проектирование антенных решеток с оптимизацией их характеристик по конструктивным параметрам, Летаяф, Мохамед Али, 2006г.

Антенные решетки для средств связи малоразмерных летательных аппаратов, Юсиф, Юсиф Саси, 2006г.

Приложение теории линейной неизолированной антенны в неоднородной проводящей среде к наземно-скважинному зондированию, Симахина, Евгения Анатольевна, 2012г.

Сфокусированные антенные решетки в составе радиоэлектронных средств группы малоразмерных беспилотных летательных аппаратов, Веденькин, Денис Андреевич, 2012г.

Антенные решетки, синтезированные по широкополосному сигналу, для средств связи беспилотных авиационных комплексов, Сагадеев, Гумер Ильдарович, 2009г.

Адаптивные антенные решетки телекоммуникационных систем, реализующие градиентные алгоритмы в статической или динамической системе координат управления, Хассан, Али, 2010г.

Исследование мезомасштабной неоднородной структуры тропосферы и ее влияния на распространение радиоволн методом численного моделирования, Зинин, Денис Петрович, 2009г.

## **7.2. Дополнительная литература:**

Радиоволны на земле и в космосе, Блюх, Павел Викторович, 2007г.

## **7.3. Интернет-ресурсы:**

Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн - [http://www.techbook.ru/book.php?id\\_book=185](http://www.techbook.ru/book.php?id_book=185)

Антенны и распространение радиоволн - <http://window.edu.ru/resource/597/68597>

Антенны СВЧ устройств -

[http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web\\_Links&file=index&l\\_op=viewlink&cid=1506](http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=1506)

Издательство радиотехника - <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=bo6>

Распространение радиоволн - <http://www.radioscanner.ru/files/other/file6843/>

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

Освоение дисциплины "Антенны и распространение радиоволн" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Программа MMANA-GAL

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения) .



Автор(ы):

Насыров И.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Гумеров Р.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.