

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета радиотехники и
электроники
 В.А.Небольсин
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Электродинамика и распространение радиоволн»

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профиль Радиотехнические средства передачи, приема и обработки
сигналов

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2021

Автор программы

 /Володько А.В./

Заведующий кафедрой
Радиоэлектронных
устройств и систем

 /Журавлев Д.В./

Руководитель ОПОП

 /Останков А.В. /

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Обеспечение теоретической и практической подготовки студентов в теоретических вопросах электродинамики, а также в вопросах решения практических задач проектирования антенной техники, распространения радиоволн в безграничном пространстве и в направляющих системах

1.2. Задачи освоения дисциплины

- Изучить математические описания электромагнитных полей и волн;
- Изучить процессы излучения электромагнитных волн и законы распространения их в различных средах;
- Изучить особенности распространения электромагнитных волн в околоземном и в космическом пространстве;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - Способен учитывать современные тенденции развития радиоэлектроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	Знать: Основные принципы и уравнения электродинамики
	Уметь: Применять основные принципы и положения электродинамики на практике
	Владеть: Навыками расчета энергетических соотношений линий радиосвязи

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	90	90

Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость академические часы	144	144
з.е.	4	4

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		14
Аудиторные занятия (всего)	14	14
В том числе:		
Лекции	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа	126	126
Контрольная работа	+	+
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость академические часы	144	144
з.е.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы электродинамики	История развития предмета. Роль понятия ЭМП в решении философских проблем естествознания. Природа электромагнитных волн (ЭМВ). Экспериментальная основа электродинамики. Роль электродинамики в эпоху НТП. Основные уравнения электродинамики. Полная система уравнений Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Роль гипотезы Максвелла о токе смещения в развитии идей электродинамики. Материальные уравнения в электродинамике Локальный баланс энергии ЭМП. Дифференциальный закон Джоуля – Ленца. Излучение электромагнитной энергии. Вектор Пойнтинга. Плотность энергии	4	6	14	24

		ЭМП. Баланс энергии ЭМП для объема конечных размеров.				
2	Принципы электродинамики	Принцип суперпозиции ЭМП. Принцип единственности решений для внутренней и внешней задач электродинамики. Принцип перестановочной двойственности. Практическое значение данных принципов. Принцип взаимности разделенных источников, его связь с проблемой электромагнитной совместимости. Электрический диполь. Диполь Герца и его техническая реализация. Полное ЭМП электрического диполя на произвольном удалении от излучателя. Поле электрического диполя в ближней, промежуточной и дальней зоне. Диаграмма направленности поля. Полная средняя мощность излучения диполя. Электрический диполь и реальные проволочные антенны. Магнитный диполь и его технические аналоги. Применение принципа перестановочной двойственности для анализа поля магнитного диполя. Поле магнитного диполя в дальней зоне	4	6	14	24
3	Распространение волн в безграничных средах	Понятие плоской, однородной и неоднородной волн. Плоские волны как решение однородного волнового уравнения. Гармонические волны. Виды поляризации волн: линейная, круговая, эллиптическая. Постоянная распространения плоской волны в изотропной среде. Скорость распространения волн: фазовая и групповая. Волновое сопротивление среды. Особенности распространения ЭМВ в среде с потерями: затухание волн, дисперсия, фазовый сдвиг между электрической и магнитной компонентами. Общие особенности распространения ЭМВ в анизотропных средах.	4	6	14	24
4	Взаимодействие волн с границей раздела сред	Поведение касательных и нормальных составляющих векторов E и H на границе раздела сред. Физическая трактовка эффекта взаимодействия электромагнитной	2	6	16	24

		волны с поверхностью раздела двух сред. Приближенные граничные условия Леонтовича, их практическое использование. Условие полного прохождения волны через границу раздела сред. Угол Брюстера. Условие полного внутреннего отражения волны от границы раздела сред. Критический угол падения.				
5	Теория направляемых волн	Структура ЭМП между параллельными металлическими плоскостями при горизонтальной и вертикальной поляризации волны. Критические частоты волновода. Основной и высшие типы волн. Фазовая и групповая скорости собственных волн плоского полого металлического волновода.. Классификация направляемых волн. Общие свойства направляемых волн. Затухание волн в волноводах. Экономические аспекты проблемы дальней передачи энергии по волноводам	2	6	16	24
6	Распространение волн в околоземном пространстве	Влияние поверхности и атмосферы Земли на распространения радиоволн. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов. Формула идеальной радиопередачи. Определение мощности в приемной антенне по мощности, подводимой к передающей антенне. Область пространства, существенная в работе радиолинии, зоны Френеля Электрические параметры земной поверхности: различных почв, морской и пресной воды.	2	6	16	24
Итого			18	36	90	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы электродинамики	История развития предмета. Роль понятия ЭМП в решении философских проблем естествознания. Природа электромагнитных волн (ЭМВ). Экспериментальная основа электродинамики. Роль электродинамики в эпоху НТП. Основные уравнения	2	2	20	24

		электродинамики. Полная система уравнений Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Роль гипотезы Максвелла о токе смещения в развитии идей электродинамики. Материальные уравнения в электродинамике Локальный баланс энергии ЭМП. Дифференциальный закон Джоуля – Ленца. Излучение электромагнитной энергии. Вектор Пойнтинга. Плотность энергии ЭМП. Баланс энергии ЭМП для объема конечных размеров.				
2	Принципы электродинамики	Принцип суперпозиции ЭМП. Принцип единственности решений для внутренней и внешней задач электродинамики. Принцип перестановочной двойственности. Практическое значение данных принципов. Принцип взаимности разделенных источников, его связь с проблемой электромагнитной совместимости. Электрический диполь. Диполь Герца и его техническая реализация. Полное ЭМП электрического диполя на произвольном удалении от излучателя. Поле электрического диполя в ближней, промежуточной и дальней зоне. Диаграмма направленности поля. Полная средняя мощность излучения диполя. Электрический диполь и реальные проволочные антенны. Магнитный диполь и его технические аналоги. Применение принципа перестановочной двойственности для анализа поля магнитного диполя. Поле магнитного диполя в дальней зоне	2	2	20	24
3	Распространение волн в безграничных средах	Понятие плоской, однородной и неоднородной волн. Плоские волны как решение однородного волнового уравнения. Гармонические волны. Виды поляризации волн: линейная, круговая, эллиптическая. Постоянная распространения плоской волны в изотропной среде. Скорость распространения волны: фазовая и групповая. Волновое сопротивление среды. Особенности	2	2	20	24

		распространения ЭМВ в среде с потерями: затухание волн, дисперсия, фазовый сдвиг между электрической и магнитной компонентами. Общие особенности распространения ЭМВ в анизотропных средах.				
4	Взаимодействие волн с границей раздела сред	Поведение касательных и нормальных составляющих векторов E и H на границе раздела сред. Физическая трактовка эффекта взаимодействия электромагнитной волны с поверхностью раздела двух сред. Приближенные граничные условия Леонтовича, их практическое использование. Условие полного прохождения волны через границу раздела сред. Угол Брюстера. Условие полного внутреннего отражения волны от границы раздела сред. Критический угол падения.	-	2	22	24
5	Теория направляемых волн	Структура ЭМП между параллельными металлическими плоскостями при горизонтальной и вертикальной поляризации волны. Критические частоты волновода. Основной и высшие типы волн. Фазовая и групповая скорости собственных волн плоского полого металлического волновода.. Классификация направляемых волн. Общие свойства направляемых волн. Затухание волн в волноводах. Экономические аспекты проблемы дальней передачи энергии по волноводам	-	-	22	22
6	Распространение волн в околосредном пространстве	Влияние поверхности и атмосферы Земли на распространения радиоволн. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов. Формула идеальной радиопередачи. Определение мощности в приемной антенне по мощности, подводимой к передающей антенне. Область пространства, существенная в работе радиолонии, зоны Френеля Электрические параметры земной поверхности: различных почв, морской и пресной воды.	-	-	22	22

	зачет				4
	Итого	6	8	126	144

5.2 Перечень лабораторных работ

- Электродинамика двухпроводных линий;
- Расчет энергетических соотношений радиотрассы;
- Преломление волны на границе раздела сред. Рефракция волн;
- Волноводные направляющие системы;
- Исследование характеристик ионосферных радиотрасс с помощью приемника DRM сигнала

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	Знать: Основные принципы и уравнения электродинамики	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: Применять основные принципы и положения электродинамики на практике	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть: Навыками расчета энергетических соотношений линий радиосвязи	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения, 14 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-4	Знать: Основные принципы и уравнения электродинамики	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь: Применять основные принципы и положения электродинамики на практике	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть: Навыками расчета энергетических соотношений линий радиосвязи	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какие экспериментальные законы положены в основу современной теории ЭМП?

- а) законы термодинамики и сохранения кинетической энергии;
- б) законы Фарадея, Ампера, Гаусса;
- в) законы Ома и Кирхгофа.

2. Какой смысл имеет оператор «rot H» в уравнениях Максвелла?

- а) вихрь магнитного поля;
- б) извлечение корня квадратного значения модуля напряженности магнитного поля;
- в) оператор инверсии вращения направления магнитного поля.

3. Согласно положению Максвелла, ток смещения это:

- а) ток, возникающий при наличии свободных зарядов (проводимости) материала;
- б) изменение индукции электрического поля во времени;
- в) такого тока нет.

4. Что означает вектор E в уравнениях Максвелла?

- а) Индукцию электрического поля;
- б) Индукцию магнитного поля;

- в) Напряженность электрического поля;
- г) Напряженность магнитного поля.

5. 4. Что означает вектор $\mathbf{H}$ в уравнениях Максвелла?

- а) Индукцию электрического поля;
- б) Индукцию магнитного поля;
- в) Напряженность электрического поля;
- г) Напряженность магнитного поля.

6. Что означает вектор $\mathbf{D}$ в уравнениях Максвелла?

- а) Индукцию электрического поля;
- б) Индукцию магнитного поля;
- в) Напряженность электрического поля;
- г) Напряженность магнитного поля.

7. Что означает вектор $\mathbf{B}$ в уравнениях Максвелла?

- а) Индукцию электрического поля;
- б) Индукцию магнитного поля;
- в) Напряженность электрического поля;
- г) Напряженность магнитного поля.

8. Почему дивергенция индукции магнитного поля всегда равна нулю, а дивергенция электрического поля может быть отлична от нуля?

- а) Потому что силовые линии магнитного поля всегда замкнуты;
- б) Потому что электрические заряды есть в природе, а электрических зарядов в природе нет;
- в) ответы А и Б верны;
- г) верных ответов нет.

9. В уравнении $\vec{D} = \epsilon_a \vec{E}$ множитель ϵ_a означает:

- а) относительную диэлектрическую проницаемость среды;
- б) относительную магнитную проницаемость среды;
- в) абсолютную диэлектрическую проницаемость среды;
- г) абсолютную магнитную проницаемость среды.

10. В уравнении $\vec{B} = \mu_a \vec{H}$ множитель μ_a означает:

- а) относительную диэлектрическую проницаемость среды;
- б) относительную магнитную проницаемость среды;
- в) абсолютную диэлектрическую проницаемость среды;
- г) абсолютную магнитную проницаемость среды.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Линейной средой распространения электромагнитной волны называется:

- а) среда, расположенная вдоль линии радиосвязи;

- б) среда, параметры которой не зависят от амплитуды электрического и магнитного полей;
- в) линейное пространство Эвклида без учета гравитационного искривления метрики пространства;
- 2. Однородной средой распространения электромагнитной волны называется:
 - а) среда, параметры которой не зависят от координат;
 - б) стационарная многослойная среда;
 - в) среда, параметры которой линейно зависят от координат.
- 3. Анизотропной средой распространения электромагнитной волны является:
 - а) феррит в магнитном поле;
 - б) плазма ионосферы в магнитном поле;
 - в) оба ответа верны.
- 4) Направление вектора Пойнтинга показывает:
 - а) плоскость поляризации магнитного поля волны;
 - б) плоскость поляризации электрического поля волны;
 - в) направление распространения энергии электромагнитной волны.
- 5) Чему равно значение выражения $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_a \mu_a}}$ для вакуума:
 - а) скорости света;
 - б) скорости звука;
 - в) скорости ударной ионизации плазмы.
- 6) ТЕМ- волна существует в:
 - а) в свободном пространстве вдали от излучающей антенны;
 - б) в коаксиальном кабеле;
 - в) оба ответа верны.
- 7) Н – волна характеризуется наличием продольной составляющей:
 - а) магнитного поля;
 - б) электрического поля;
 - в) гравитационного поля;
- 8) Е – волна характеризуется наличием продольной составляющей:
 - а) магнитного поля;
 - б) электрического поля;
 - в) гравитационного поля;
- 9) За направление поляризации волны принято считать направление :
 - а) Электрического поля;
 - б) Магнитного поля;
 - в) Вектора Пойнтинга.
- 10. Почему в микроволновой печи происходит нагрев?
 - а) нагрев вызван поглощением электромагнитного поля;
 - б) нагрев является следствием резонансного распада материи;
 - в) нагрев вызван химическими процессами;

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных

задач

1. Что можно рассчитать с помощью формул 2 и 3 соответственно?

$$R = ct/2 \quad (2)$$

$$F_v = 2f_0 V_r / c = 2V_r / \lambda_0 \quad (3)$$

- А) радиальную скорость движения объекта и дальность объекта;
- Б) дальность объекта и отраженную от объекта частоту;
- В) дальность объекта и доплеровское смещение частоты отраженного сигнала;
- Г) ничего из перечисленного.

2. Что такое радиолокационный сигнал?

- А) это сигнал, который передает какая либо цель (наземная или воздушная) на РЛС;
- Б) это сигнал, которым РЛС облучает цели близлежащего пространства;
- В) это отраженный от цели сигнал, при облучении ее сигналом РЛС;

3. Диффузное рассеяние (ненаправленное излучение) возникает...

- А) ...при размерах облучаемых объектов, кратных нечетному количеству полуволн;
- Б) ...при облучении "гладких" поверхностей, размеры которых многократно превышают длину волны λ падающей радиоволны;
- В) ...при облучении больших поверхностей с шероховатостями;
- Г) ... при размерах облучаемых объектов, кратных четному количеству полуволн.

4. О чем идет речь?

Площадь поперечного сечения такого воображаемого объекта, который, равномерно (изотропно) рассеивая падающие на него радиоволны, в месте приема создает такую же плотность потока мощности, что и реальная цель.

$$\sigma_{\text{ц}} = 4\pi R^2 \frac{\Pi_2}{\Pi_1} \quad (4)$$

- А) эффективная площадь рассеяния;
- Б) площадь облученной цели;
- В) площадь поперечного сечения облученной цели;
- Г) нет верного ответа.

5. Что иллюстрирует рис.1?

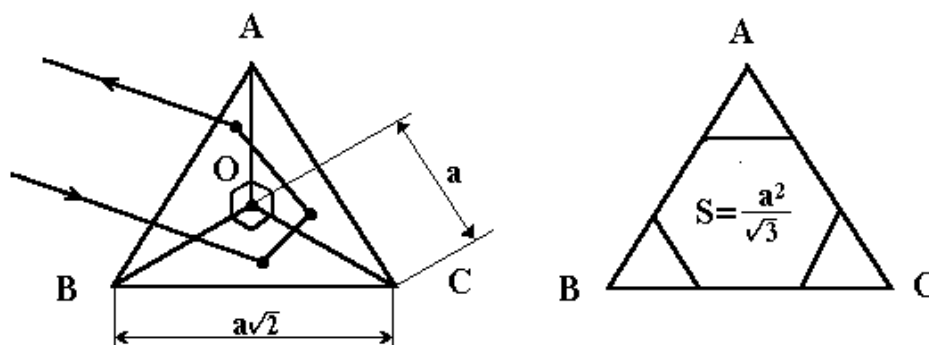


Рисунок 1

- А) конструкцию летательного аппарата;
- Б) конструкцию антенны РЛС;
- В) конструкцию плоского идеального проводящего листа;
- Г) конструкцию зеркального углового отражателя (ЗУО).

6. К ЭПР простейших объектов можно отнести:

- А) ЭПР плоского идеального проводящего листа и ЗУО;
 - Б) ЭПР шара и линейного электрического вибратора;
 - В) только ЭПР линейного электрического вибратора;
 - Г) все из перечисленного.
7. При каком условии в фидерной линии обеспечивается режим бегущей волны?
- А) если КБВ = 0,5;
 - Б) если КСВ = 1;
 - В) если КСВ → 0;
 - Г) если КСВ → ∞.
8. Что за выражение представлено в виде формулы (5)?

$$R_{\text{макс}} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{и}} G_{\text{и}} G_{\text{п}} \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{(4\pi)^3 P_{\text{смин}}}} \quad (5)$$

- А) основное уравнение радиолокации;
 - Б) основное уравнение радиолокации или уравнение дальности РЛС в свободном пространстве;
 - В) уравнение дальности РЛС в свободном пространстве;
 - Г) обобщенное уравнение дальности радиолокационного наблюдения в свободном пространстве.
9. О чем идет речь?
- Изменение частоты и длины волн, регистрируемых приёмником, вызванное движением их источника и/или движением приёмника.
- А) о доплеровском набеге частоты;
 - Б) о набеге фазы;
 - В) об эффекте Миллера;
 - Г) ответы А) и Б).
10. Рефракция радиоволн в атмосфере - это...

- А) наложение волн;
- Б) огибание препятствий волнами с длиной волны большей, чем эти препятствия;
- В) криволинейная траектория их распространения из-за атмосферных помех;
- Г) криволинейная траектория их распространения из-за неоднородностей среды

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к зачету с оценкой

Вопросы уровня «ЗНАТЬ»:

1. Роль теории электромагнитного поля (ЭМП) в системе знаний человечества о Природе.
2. Какие экспериментальные законы положены в основу современной теории ЭМП?
3. Как выглядит первая версия уравнений Максвелла?
4. Физический смысл идеи Максвелла о существовании в природе тока смещения.
5. Дифференциальные и интегральные уравнения Максвелла - вторая версия.

6. Излучение ЭМП, свободные электромагнитные волны (ЭМВ), как следствие существования токов смещения.

7. Материальные уравнения электродинамики. Запись уравнений Максвелла для линейных и нелинейных сред.

8. Физические явления, связанные с распространением ЭМВ в нелинейных средах.

9. Запись уравнений Максвелла для однородных и неоднородных сред.

10. Физические явления, связанные с распространением ЭМВ в неоднородных средах.

11. Запись уравнений Максвелла для изотропных и анизотропных сред.

12. Физические явления, связанные с распространением ЭМВ в анизотропных средах.

13. Запись уравнений Максвелла для пассивных и активных сред.

14. Физические явления, связанные с распространением ЭМВ в пассивных (с потерями) и в активных средах.

15. Запись уравнений Максвелла для стационарных и нестационарных сред.

16. Физические явления, связанные с распространением ЭМВ в нестационарных средах.

17. В каких средах справедливы уравнения Максвелла?

18. Запись уравнений Максвелла для гармонических процессов.

19. Физический смысл параметров сред: тангенс угла электрических и тангенс угла магнитных потерь.

20. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости сред. Их роль в распространении ЭМВ в средах с потерями.

Вопросы уровня «УМЕТЬ»

1. Энергия и импульс электромагнитного поля.

2. Запись интегрального и дифференциального балансов мощности для ЭМВ, изменяющегося во времени по произвольному закону.

3. Запись балансов мощностей гармонического ЭМП.

4. Связь потенциалов ЭМП с его напряжённостями.

5. Одномерные, двумерные и трёхмерные волновые уравнения: вид уравнений, их решение.

6. Общий вид многомерных волновых уравнений и их физическая интерпретация

7. В чём проявляется независимость волновых уравнений от знака времени?

8. Движение Сферических волн вдоль оси времени в положительном и отрицательном направлениях.

9. Функция Грина: математическая формулировка и физический смысл.

10. Волновые уравнения для гармонического поля.

11. В чём заключаются принципы электродинамики: суперпозиции и поведению волн на бесконечности.

12. Принцип перестановочной двойственности и взаимно дополнительных экранов.

13. Принцип единственности решений внутренней и внешней задач электродинамики.
14. Принцип взаимности и электродинамического подобия.
15. Принцип Гюгенса-Кирхгофа.
16. Принцип поведения касательных компонент электромагнитного поля на границе раздела сред.
17. Принцип поведения нормальных компонент электромагнитного поля на границе раздела сред.
18. Физическое содержание принципов теории электромагнитного поля.
19. Какие излучатели электромагнитных волн называются элементарными?
20. Полная запись электромагнитного поля излучения магнитного диполя.

Вопросы уровня «ВЛАДЕТЬ»

1. Оценить особенности поля электрического диполя в ближней зоне.
2. Записать составляющие электромагнитного поля, электрического диполя в дальней зоне.
3. Направленные свойства электрического диполя.
4. Как вычисляется мощность электромагнитного поля, излучаемого электрическим диполем?
5. Как вычисляется сопротивление излучения электрического диполя?
6. Как, пользуясь принципом перестановочной двойственности, получить математическую запись электромагнитного, излучаемого магнитным полем?
7. Поле магнитного диполя в дальней зоне.
8. Определение мощности электромагнитного поля, излучаемого магнитным диполем.
9. Проводимость излучения магнитного диполя.
10. Формирование электромагнитного поля, излучаемого элементом Гюгенса.
11. Направленные свойства элемента Гюгенса.
12. Свойства плоской ЭМВ, распространяющейся в безграничной среде.
13. Влияние потерь на распространение плоских электромагнитных волн в безграничной изотропной среде.
14. Чем объясняется необходимость введения понятия групповой скорости при рассмотрении вопроса распространения плоских волн в среде с потерями?
15. Распространение плоских электромагнитных волн в изотропной среде с очень большими потерями.
16. Природа анизотропии намагниченных ферромагнетиков.
17. Формальный учёт анизотропии намагниченного ферромагнетика в уравнениях Максвелла.
18. Распространение плоской электромагнитной волны в анизотропном феррите вдоль поля намагничивания.
19. В чём заключается эффект Фарадея?
20. Распространение плоской волны в анизотропном феррите поперёк поля намагничивания.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении

промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основы электродинамики	ПК-4	Тест, защита лабораторных работ.
2	Принципы электродинамики	ПК-4	Тест, защита лабораторных работ.
3	Распространение волн в безграничных средах	ПК-4	Тест, защита лабораторных работ.
4	Взаимодействие волн с границей раздела сред	ПК-4	Тест, защита лабораторных работ.
5	Теория направляемых волн	ПК-4	Тест, защита лабораторных работ.
6	Распространение волн в околоземном пространстве	ПК-4	Тест, защита лабораторных работ.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем

осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8. УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Юдин В.И., Останков А.В. Электромагнитные поля и волны Ч.1. Волны в безграничных и полубесконечных средах. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2007. – 182 с.

2. Володько А.В., Краснов Р.П., Юдин В.И. Электромагнитные поля и волны Ч.2. Электромагнитные волны и колебания в волноводах и резонаторах. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2008. – 175 с.

3. Ерохин Г.А., Чернышев О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский В.Г. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 491 с.

4. Калабанов Е.М., Юдин В.И. Распространение оптического и миллиметрового излучения в атмосфере. Воронеж: ВГТУ, 2001.

5. Володько А.В. Основы теории радиолокационных систем и комплексов. Практикум и сборник задач : учеб. пособие /А.В. Володько. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2018.

6. Филатов В.И., Филатов И.А. Колебательные системы СВЧ и экранирующие устройства. Методические указания к лабораторным работам № 3, 4 по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн» для студентов специальности 210302 «Радиотехника» очной и заочной форм обучения. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2009. – 29 с. (582-2009).

8.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Офисный пакет приложений MicroSoftOffice, Веб-браузер Internet Explorer; Open Office Text; Open Office Calc. Свободно распространяемое ПО. Научная электронная библиотека elibrary ([www. elibrary.ru](http://www.elibrary.ru))

Рекомендуются следующие электронные библиотеки

<http://www.oglibrary.ru/data/index.htm>

<http://djvu-inf.narod.ru/trlib.htm>

<http://umup.narod.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1 . Учебная лаборатория «Радиотехнические системы», оборудованная следующими приборами и стендами:

1. Анализатор спектра ATTEN AT 5010,
2. Анттенa наружная с коаксиальным фидером ОРЕК HF-BD1,
3. Персональный компьютер PDC E5200,
4. Магистральный радиоприемник Р-399,
5. Дисплейный класс из 5 ЭВМ IBM, объединенных в локальную сеть,
6. Комплект оригинального программного обеспечения.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн» .

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета линии радиосвязи. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать

	дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.