

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 24 » 06 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА РАДИОВОЛН

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	6/216	18	18	18	162	зачет с оценкой
Итого	6/216	18	18	18	162	зачет с оценкой

Владимир 2018

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Физика радиоволн» (ФРВ) являются:

1. Усвоение основных понятий теорем и принципов теории электромагнитного поля;
2. Анализ закономерностей волновых процессов, включая элементы теории дифракции и излучения;
3. Получение базовых и углубленных знаний для успешного освоения дисциплины профессионального цикла, связанных с разными сферами деятельности специалиста:
 - проектно-конструкторской;
 - производственно-технологической
 - научно-исследовательской;
 - сервисно-эксплуатационной.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина: Физика радиоволн (ФРВ) :

- индекс: Б1.В.ДВ.3;
- вариативная часть, дисциплины по выбору.

Успешное освоение дисциплины предполагает знание общих разделов высшей математики, физики, основ теории цепей. Из специальных разделов математики студентам должны быть известны основные операции и теоремы векторного анализа, матричная алгебра, теория функций комплексного переменного.

Освоение дисциплины ФРВ необходимо, как предшествующей, для последующих дисциплин: «Электродинамика и распространение радиоволн», «Устройства СВЧ и антенны», «Проектирование микроэлектронных устройств и антенн», «Оптические устройства в радиотехнике».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ФРВ

В результате освоения дисциплины, обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1. Знать:
 - основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;

- свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;
- элементы теории дифракции и теории излучения (ОК-7).

2. Уметь:

- математически описывать простейшие волновые процессы, в том числе процессы излучения и дифракции электромагнитных волн;
- формулировать и решать задачи излучения и распространения электромагнитных волн, как в свободном пространстве, так и в слоисто-неоднородных средах (ОПК-2).

3. Владеть:

- методами решения прикладных задач классической теории электромагнитного поля; основами математического моделирования электромагнитных полей в задачах излучения и дифракции, в том числе, с помощью ЭВМ;
- практическими навыками измерения электромагнитных полей в физических задачах рассеяния, возбуждения и дифракции с помощью современной измерительной аппаратуры (ОК-7, ОПК-2).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ФРВ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Введение	4	1	0,25							
2	Электромагнитное поле и параметры сред	4	1	0,75	1			9		1/57	
3	Основные уравнения электродинамики	4	2	1	1			9		1/50	
4	Граничные условия	4	3	1	1			9		1/50	
5	Энергия электромагнитного поля	4	4	1	1			9		1/50	
6	Волновые уравнения	4	5	1	1			9		1/50	
7	Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде	4	6	1	1	4		9		5/83,3	Рейтинг-контроль 1
		4	7	1	1			9		1/50	
8	Волновые явления на границе раздела двух сред	4	8	1	1	6		9		7/87,5	
		4	9	1	1			9		1/50	
		4	10	1	1			9		1/50	
		4	11	1	1			9		1/50	
9	Поверхностный эффект	4	12	1	1			9		1/50	Рейтинг-контроль 2
10	Излучение электромагнитных волн	4	13	1	1	4		9		5/83,3	
		4	14	1	1			9		1/50	
11	Основные теоремы электродинамики	4	15	1	1			9		1/50	
		4	16	1	1			9		1/50	
12	Основы теории дифракции электромагнитных волн	4	17	1	1	4		9		5/83,3	
		4	18	1	1			9		1/50	Рейтинг-контроль 3
Всего				18	18	18	+	162		36/66,7	зачет с оценкой

Матрица соотнесения разделов дисциплины и формируемых компетенций				
Раздел дисциплины	Трудоемкость (в часах)	Компетенции		Количество компетенций
		ОК-7	ОПК-2	
1	0,25	+		1
2	1,75	+		1
3	2	+		1
4	2	+		1
5	2	+		1
6	2	+		1
7	8	+	+	2
8	14	+	+	2
9	2	+	+	2
10	8	+	+	2
11	4	+	+	2
12	8	+	+	2
Вес компетенций		0,67	0,33	

№ п/п	Темы практических занятий	Трудоемкость (в часах)
1	Уравнение Максвелла	6
2	Плоские электромагнитные волны	2
3	Отражение и преломление плоских электромагнитных волн	4
4	Элементарные излучатели	2
5	Интерференция и дифракция электромагнитных волн	4

№ п/п	Темы лабораторных работ	Трудоемкость (в часах)
1	Плоские волны (виртуальная)	2
2	Поляризация электромагнитных волн (виртуальная)	2
3	Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела диэлектрических сред	6
4	Элементарные излучатели	4
5	Дифракция плоской электромагнитной волны на металлическом круговом цилиндре	4

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения аудиторных занятий и внеаудиторной работы. Объем занятий, проводимых с использованием интерактивных форм, составляет 18 часа лабораторных занятий, 18 часа практических занятий, 20 внеаудиторных часов для выполнения трех домашних контрольных работ.

5.2. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа включает домашнюю работу с лекционными материалами с целью расширения и углубления теоретических знаний, подготовку к выполнению и защите лабораторных работ, подготовку к практическим занятиям, выполнение заданий, предусмотренных домашними контрольными работами. Необходимые для самостоятельной работы источники и пакеты прикладных программ включены в электронном виде в учебно-методический комплекс, сопровождающий дисциплину. Эффективному характеру самостоятельной работы способствуют еженедельные консультации.

5.3. Компьютерные технологии обучения

Для глубокого и качественного освоения дисциплины студентами предоставляется электронная версия учебно-методического комплекса, включающего: конспект лекций; сборник задач; методические указания к лекциям, к практическим работам, к лабораторному практикуму и самостоятельной работе; сборник компьютерных программ для подготовки к лабораторным занятиям; рабочую программу; список вопросов к зачету; задания контрольных работ; тесты для проверки остаточных знаний.

5.4. Лекции приглашённых специалистов

В рамках курса ФРВ предусмотрены встречи со специалистами, в частности:

- доктором технических наук, профессором кафедры АУ и РРВ МЭИ, г. Москва Сазоновым Д.М.;
- доктором физ.-мат. наук, профессором Владимирского филиала РАНХ и ГС при президенте РФ Рау В.Г.

5.5. Рейтинговая система обучения

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр и предполагает оценку в баллах по следующим составляющим: плановность выполнения лабораторных работ, активность и степень освоения материалов практических занятий, результаты выполнения домашних контрольных работ.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Вопросы к зачету с оценкой.

1. Векторы электрического поля.
2. Векторы магнитного поля.
3. Классификация сред.
4. Графическое изображение полей.
5. Потенциальные и вихревые поля.
6. Уравнение непрерывности.
7. Закон сохранения заряда.
8. Третье уравнение Максвелла.
9. Четвертое уравнение Максвелла.
10. Первое уравнение Максвелла.
11. Второе уравнение Максвелла.
12. Закон Ома в дифференциальной форме.
13. Уточнение понятия о проводниках и диэлектриках.
14. Полная система уравнений Максвелла.
15. Классификация электромагнитных явлений.
16. Уравнение Максвелла и сторонние токи.
17. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электрического поля.
Поверхностные заряды.
18. Граничные условия для касательных составляющих векторов электрического поля.
19. Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитного поля .
20. Граничные условия для касательных составляющих векторов магнитного поля.
Поверхностный ток .
21. Полная система граничных условий. Граничные условия на поверхности идеального проводника .
22. Баланс энергий электромагнитного поля .
23. Плотность энергии электромагнитного поля .
24. Скорость распространения энергии электромагнитного поля .
25. Уравнение максвелла для монохроматического поля .
26. Уравнение баланса для средней за период мощности .

27. Уравнение баланса для комплексной мощности .
28. Теорема единственности для внутренней и внешней задач электродинамики .
29. Уравнение Гельмгольца .
30. Электродинамические потенциалы для комплексных амплитуд .
31. Решение неоднородного уравнения Гельмгольца.
32. Уравнение Максвелла с учётом магнитных токов и зарядов .
33. Плоские волны в однородной изотропной среде без потерь .
34. Плоские волны в однородной изотропной среде с проводимостью отличной от нуля .
35. Электромагнитные волны в реальных диэлектриках .
36. Электромагнитные волны в реальных проводниках .
- 37.** Поляризация волн .
38. Плоские волны, распространяющиеся в произвольном направлении .
39. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков (нормальная поляризация).
40. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков (параллельная поляризация) .
41. Условие полного прохождения волны во вторую среду. Угол Брюстера .
42. Полное отражение от границы раздела двух сред (две диэлектрические среды) – поле в первой среде .
43. Полное отражение от границы раздела двух сред (две диэлектрические среды) – поле во второй среде .
44. Полное отражение от границы раздела двух сред (диэлектрик и идеальный проводник) .
45. Падение плоской волны на границу поглощающей среды .
46. Падение плоской волны на границу хорошо проводящей среды .
47. Приближенные граничные условия Щукина-Леонтовича .
48. Явление поверхностного эффекта .
49. Потери энергии в проводниках .
50. Эквивалентный поверхностный ток .
- 51.** Поверхностное сопротивление проводника .
52. Элементарный электрический излучатель .
53. Векторный электрический потенциал для элементарного электрического излучателя .
54. Составляющие электромагнитного поля элементарного электрического излучателя .
55. Ближняя и дальняя зоны элементарного электрического излучателя .
56. Диаграмма направленности элементарного электрического излучателя .
57. Мощность излучения элементарного электрического излучателя. Сопротивление излучения .
58. Понятие о магнитном токе .
59. Элементарный щелевой излучатель .
60. Лемма Лоренца .
61. Теорема взаимности для элементарных излучателей.
62. Эквивалентные источники электромагнитного поля. Принцип Гюйгенса .
63. Элемент Гюйгенса .
64. Строгая постановка задачи дифракции .
65. Дифракция плоской волны на круговом цилиндре .

- 66. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа .
- 67. Геометрическая оптика .
- 68. Метод краевых волн .
- 69. Геометрическая теория дифракции .

6.2. Текущий контроль. Тесты для рейтинг-контроля знаний по дисциплине «Физика радиоволн».

Для тестирования подготовлено 10 вариантов заданий, каждое из которых содержит 4 теоретических вопроса из разных разделов.

Рейтинг-контроль №1

Вариант 1

1. Для какого класса электромагнитных явлений справедлив закон полного тока в следующей форме: $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j}^{\partial} d\vec{S}$; $\text{rot} \vec{H} = \vec{j}^{\partial}$?
 - 1) Стационарного;
 - 2) Нестационарного;
 - 3) Квазистационарного.

2. Как связано направление переноса мощности с ориентацией векторов \vec{E} и \vec{H} в плоской однородной волне?
 - 1) Перпендикулярно плоскости расположения векторов \vec{E} и \vec{H} ;
 - 2) Совпадает с вектором \vec{E} ;
 - 3) Совпадает с вектором \vec{H} .

3. Поясните физическое содержание задачи рассеяния плоской волны падающей на плоскую границу раздела сред.
 - 1) Физический смысл основан на граничных условиях и условии излучения, согласно которому возбуждаемая поверхность порождает лишь уходящие от неё волны: отраженные и преломленные;
 - 2) Физический смысл решений основан на использовании леммы Лоренца и теоремы эквивалентности, согласно которым возбуждаемая поверхность порождает лишь уходящие от неё волны: отраженные и преломленные;

3) Физический смысл решений основан на использовании принципа перестановочной двойственности и теоремы взаимности, согласно которым возбуждаемая поверхность порождает уходящие от неё волны: отраженные и преломленные.

4. Что понимается под плоской электромагнитной волной?

Под плоской подразумевается волна, распространяющаяся вдоль линейной координаты и в любой фиксированный момент времени неизменная в плоскости, перпендикулярной этой координате:

$$1) \bar{P} = \bar{l}_z \dot{I}_z, \dot{E}_z = H_z = 0; \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} = 0; \frac{\partial}{\partial z} \neq 0;$$

$$2) \bar{P} = \bar{l}_z \dot{I}_z, E_z, H_z \neq 0; \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \neq 0; \frac{\partial}{\partial z} = 0;$$

$$3) \bar{P} = \bar{l}_z \dot{I}_z, E_z = H_z = 0; \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \neq 0; \frac{\partial}{\partial z} = 0.$$

Вариант 2

1. Истоками (стоками) какого вектора электрического поля являются как свободные, так и связанные электрические заряды?

1) \bar{E} ;

2) \bar{D} ;

3) \bar{P} .

2. Различаются ли фазовая скорость и скорость распространения энергии для однородной плоской волны в средах без потерь и в поглощающих средах?

1) $V_{\phi|\sigma=0} > V_{\phi|\sigma \neq 0}; V_{\varepsilon|\sigma=0} > V_{\varepsilon|\sigma \neq 0};$

2) $V_{\phi|\sigma=0} = V_{\phi|\sigma \neq 0}; V_{\varepsilon|\sigma=0} = V_{\varepsilon|\sigma \neq 0};$

3) $V_{\phi|\sigma=0} < V_{\phi|\sigma \neq 0}; V_{\varepsilon|\sigma=0} < V_{\varepsilon|\sigma \neq 0}.$

3. При каких условиях в задаче рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред отсутствует отражённая волна?

1) при параллельной поляризации, $\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\varepsilon_2 / \varepsilon_1}$;

2) при нормальной поляризации, $\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\mu_2 / \mu_1}$;

3) при круговой поляризации, $\sin \varphi = n_2 / n_1$.

4. Что такое элементарный электрический излучатель и каковы его направленные свойства?

- 1) линейный проводник с переменным электрическим током, длина которого $l \ll \lambda$;
 $F(\theta) = \sin\theta$; $F(\varphi) = 1$;
- 2) проводник с переменным электрическим током, длиной $l \ll \lambda$; $F(\theta) = 1$; $F(\varphi) = \sin\theta$;
- 3) фрагмент фронта распространяющейся волны ($\Delta S \ll \lambda^2$); $F(\theta) = (1/2)(1 + \cos\theta)$.

Вариант 3

1. Как выразить средний за период поток мощности через замкнутую поверхность S , ограничивающую объем V , включающий сторонние источники?
 - а) $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = R_e \oint_S \dot{\vec{P}} d\vec{S}$;
 - б) $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \oint_S \dot{\vec{P}} d\vec{S}$;
 - в) $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \int_S \dot{\vec{P}} d\vec{S}$.

2. В чем состоит главное различие волн в непоглощающих и поглощающих средах?
 - 1) $\sigma \neq 0$: $V_\phi, V_z, \dot{Z}_c \sim f(\omega)$;
 - 2) $\sigma = 0$: $V_\phi, V_z, \dot{Z}_c \sim f(\omega)$;
 - 3) $\sigma \neq 0$: $V_\phi, V_z, \dot{Z}_c \neq f(\omega)$.

3. При каких условиях в задаче рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред отсутствует преломленная волна?
 - 1) $n_1 > n_2, \varphi > \varphi_{\text{кр}}$;
 - 2) $n_1 < n_2, \varphi > \varphi_{\text{кр}}$;
 - 3) $n_1 < n_2, \varphi < \varphi_{\text{кр}}$.

4. В чем заключаются основные различия поля элементарного электрического излучателя в ближней и дальней зонах?
 - 1) $\gamma r \gg 1$: $\dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/r)$; $\dot{E}_\theta / \dot{H}_\varphi = Z_c, \dot{\vec{P}} = R_c \dot{\vec{P}}$;
 - 2) $\gamma r \gg 1$: $\dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi, \dot{E}_r \sim f(1/r^n)$; $n \geq 2, \dot{P}_z \approx \text{Im}$;
 - 3) $\gamma r \ll 1$: $\dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/rn)$; $E_\theta / H_\varphi = Z_c; \dot{\vec{P}} = \text{Re} \dot{\vec{P}}$.

Рейтинг-контроль №2

Вариант 1

1. Всегда ли вектора напряженности и индукций коллинеарны?
 - 1) $\vec{E} \parallel \vec{D}, \vec{H} \parallel \vec{B}$ в изотропных средах;
 - 2) $\vec{E} \parallel \vec{D}, \vec{H} \parallel \vec{B}$ в анизотропных средах;
 - 3) $\vec{E} \parallel \vec{D}, \vec{H} \parallel \vec{B}$ в гирромагнитных средах.

2. Могут ли электрические и магнитные составляющие поля плоской волны быть синфазны при распространении в поглощающей среде?
- 1) Нет;
 - 2) Да;
 - 3) При действительном значении Z_c .
3. Что такое направляемые волны? Когда они являются поверхностными?
- 1) Волна, распространяющаяся вдоль границы раздела; направляемая волна с экспоненциально убывающей в нормальном направлении к направляющей поверхности;
 - 2) Волна, распространяющаяся перпендикулярно границе раздела сред; волна экспоненциально убывающая в направлении распространения;
 - 3) Волна, распространяющаяся вдоль линейной координаты; волна с неизменными параметрами в плоскости перпендикулярной направлению распространения.
4. Как найти поле элементарного магнитного излучателя, используя принцип перестановочной двойственности?
- В выражениях для поля элементарного электрического излучателя осуществить замены:
- 1) $\dot{E} \leftrightarrow \dot{H}; \dot{I}^{\partial} \leftrightarrow -\dot{I}^m; \mu_a \leftrightarrow -\varepsilon_a;$
 - 2) $\dot{E} \leftrightarrow -\dot{H}; \dot{I}^{\partial} \leftrightarrow -\dot{I}^m; \mu_a \leftrightarrow -\varepsilon_a;$
 - 3) $\dot{E} \leftrightarrow \dot{H}; \dot{I}^{\partial} \leftrightarrow -\dot{I}^m; \mu_a \leftrightarrow \varepsilon_a.$

Вариант 2

1. Какой характер будет иметь диэлектрическая проницаемость: среды неоднородной изотропной и среды однородной анизотропной?
- 1) $\varepsilon=f(P); \varepsilon=||\varepsilon||;$
 - 2) $\varepsilon=f(P); \varepsilon=const;$
 - 3) $\varepsilon=||\varepsilon||; \varepsilon=f(P).$
2. Каким соотношением связаны поперечные составляющие плоской волны, распространяющейся в положительном направлении координаты Z?
- 1) $\dot{H}_1 = 1/Z_c [\overline{1_z \dot{E}_1}];$
 - 2) $\dot{H}_1 = z_c [\overline{1_z \dot{E}_1}];$

$$3) \vec{H}_1 = z_c [\dot{E}_1 \vec{1}_z].$$

3. В каких пределах лежит значение фазовой скорости направляемой поверхностной волны на границе раздела диэлектрических сред?

1) $v_{01} < v_\phi < v_{02}$;

2) $v_{01} > v_\phi > v_{02}$;

3) $c < v_\phi < v_{02}$.

4. Как вычислить мощность излучения элементарного электрического и магнитного излучателей?

1) $P_{\Sigma_{cp}} = \oint_S \vec{P}_{cp} d\vec{S}$;

2) $P_{\Sigma_{cp}} = \int_S \vec{P}_{cp} d\vec{S}$;

3) $P_{\Sigma_{cp}} = \int_V \vec{P}_{cp} dV$.

Вариант 3

1. Каким граничным условиям удовлетворяют нормальные и тангенциальные составляющие электромагнитного поля на границе раздела сред с различными электродинамическими параметрами?

1) $E_{1\tau} = E_{2\tau}$; $H_{1\tau} = H_{2\tau}$; $D_{1n} = D_{2n}$; $B_{1n} = B_{2n}$;

2) $D_{1\tau} = D_{2\tau}$; $B_{1\tau} = B_{2\tau}$; $E_{1n} = E_{2n}$; $H_{1n} = H_{2n}$;

3) $E_{1\tau} = E_{2\tau}$; $H_{1n} = H_{2n}$; $D_{1n} = D_{2n}$; $B_{1n} = B_{2n}$.

2. Как выглядит фазовый множитель плоской волны, распроняющейся в направлении Z' , составляющем с осями декартовой системы координат углы φ_x , φ_y , φ_z ?

1) $e^{-jkz'} = e^{-jk(x\cos\varphi_x + y\cos\varphi_x + z\cos\varphi_z)}$;

2) $e^{-jkz'} = e^{-jk(xtg\varphi_x + ytg\varphi_x + ztg\varphi_z)}$;

3) $e^{-jkz'} = e^{-jk(x\sin\varphi_x + y\sin\varphi_x + z\sin\varphi_z)}$.

3. Как связаны между собой фазовая скорость и скорость распространения энергии направляемой поверхностной волны, существующей на границе раздела диэлектрических сред?

1) $v_\phi v_\varepsilon = v_{01}^2$;

2) $v_\phi = v_\varepsilon$;

3) $v_\phi v_\varepsilon = v_{02}^2$.

4. Что понимается под сопротивлением излучения элементарного электрического излучателя? Каков его физический смысл?

1) $P_{\Sigma_{cp}} = I^2 R_{\Sigma} / 2$; $I^2 = const$, $R_{\Sigma} \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{cp}} \uparrow$;

2) $P_{\Sigma_{cp}} = U_m^2 / 2R_{\Sigma_{из}}$; $U_m = const$, $R_{\Sigma_{из}} \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{cp}} \downarrow$;

3) $P_{\Sigma_{cp}} = (R_{\Sigma} / 2) \oint_S |\dot{H}_{om}|^2 dS$; $R_S \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{cp}} \uparrow$.

Вариант 4

1. Какие граничные условия выполняются на поверхности идеального проводника?

1) $E_{1\tau} = 0$; $H_{1n} = 0$;

2) $E_{1n} = 0$; $H_{1\tau} = 0$;

3) $\dot{I}_{\tau} \dot{E}_{1\tau} = \dot{Z}_{c2} [\bar{I}_n \dot{H}_1]$.

2. Определите поляризацию плоской волны, распространяющейся вдоль координаты Z и образованную наложением двух ортогонально поляризованных волн одного направления: $\dot{E}_m = \dot{E}_{m1} + \dot{E}_{m2} = (\bar{I}_x \dot{A} + \bar{I}_y \dot{B}) e^{-jkz}$, если фазы волн совпадают ($\dot{A} = A e^{j\varphi}$, $\dot{B} = B e^{j\varphi}$):

1) линейная;

2) круговая;

3) эллиптическая.

3. Какие особенности наблюдаются в случае наклонного падения плоской волны из диэлектрика на плоскую идеально проводящую поверхность?

1) полное внутреннее отражение при любом угле падения;

2) полное внутреннее отражение при $\varphi > \varphi_{кр}$;

3) полное внутреннее отражение при $\varphi = \varphi_B$.

4. Что понимают под поверхностным сопротивлением проводника?

1) $\dot{Z}_S, \dot{E}_0 = \dot{Z}_S \dot{J}^{\perp}$;

2) $\dot{Z}_S, \dot{E} = \dot{Z}_C [\dot{H}, \bar{I}_Z]$;

3) $R_{\Sigma}, P_{\Sigma_{cp}} = (I^2 \cdot R_{\Sigma}) / 2$.

Рейтинг-контроль №3

Вариант 1

1. Какое соотношение можно рассматривать в качестве критерия деления сред на проводники и диэлектрики?

- 1) $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \gg 1$ – проводники; $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \ll 1$ – диэлектрики;
 - 2) $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \ll 1$ – проводники; $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \gg 1$ – диэлектрики;
 - 3) $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \ll 0$ – проводники; $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} = \infty$ – диэлектрики.
2. Определить поляризацию плоской волны, распространяющейся вдоль координаты Z , и образованную наложением двух ортогонально поляризованных волн одного направления: $\dot{\vec{E}}_m = \dot{\vec{E}}_{m1} + \dot{\vec{E}}_{m2} = (\bar{1}_x \dot{A} + \bar{1}_y \dot{B})e^{-jkz}$, при одинаковых амплитудах ($A = B$) и фазовом различии 90° : $\dot{A} = Ae^{j\varphi}$, $\dot{B} = Be^{j(\varphi-90^\circ)}$.
- 1) круговая правая;
 - 2) круговая левая;
 - 3) эллиптическая;
3. Какие особенности имеет преломленная волна при падении плоской волны на границу поглощающей среды?
- 1) $\varphi_n = \varphi_d$;
 - 2) $\varphi_n = \varphi_0$;
 - 3) $\varphi_n = \varphi$;
4. Зачем вводится понятие эквивалентного поверхностного тока? Каким образом определяется его величина?
- 1) для упрощения расчетов; $\dot{\vec{J}}^{\text{э}} = [1_n \dot{\vec{H}}_0]$
 - 2) для уточнения расчетов; $\int_{\Delta S} \dot{\vec{J}}^{\text{э}} d\vec{S} = \oint_L \vec{H} d\vec{l}$;
 - 3) для повышения достоверности; $\dot{\vec{J}}^{\text{э}} = \sigma \dot{\vec{E}}$.

Вариант 2

1. Какой характерной особенностью с точки зрения распределения зарядов обладают среды с проводимостью отличной от нуля?
 - 1) $\rho^{\text{э}}(p, t) = \dot{\rho}^{\text{э}}(p, 0)e^{-(\sigma/\varepsilon_a)t}$;
 - 2) $\rho^{\text{э}}(p, t) = \dot{\rho}^{\text{э}}(p, 0)e^{(\sigma/\varepsilon_a)t}$;
 - 3) $\rho^{\text{э}}(p, t) = \dot{\rho}^{\text{э}}(p, 0)e^{(\varepsilon_a/\sigma)t}$.
2. С какими особенностями связано распространение плоских волн в реальных диэлектриках?

$$1) \operatorname{tg} \delta \ll 1; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a} \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 \delta / 8); v_\Phi = v_\Xi = v_0 / (1 + \operatorname{tg}^2 \delta / 8);$$

$$\alpha \cong \left(\frac{\sigma}{2}\right) \sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a}} - \text{дисперсия выражена слабо};$$

$$2) \operatorname{tg} \delta \gg 1; \beta = \alpha = \omega \sqrt{\mu_0 \delta / 2}; v_\Phi = v_\Xi = \sqrt{2\omega / \mu_0 \sigma};$$

$$\lambda = 2\pi / \sqrt{f \mu_a \sigma}; - \text{дисперсия выражена сильно};$$

$$3) \operatorname{tg} \delta = 0; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a}; v_\Phi = v_\Xi = v_0; \lambda = v_0 / f - \text{дисперсия отсутствует};$$

3. В чём состоит приближённость граничных условий Шкукина-Леонтовича?

$$1) \bar{1}_\tau \dot{E}_{1\tau} = \dot{Z}_{c2} [\bar{1}_n \dot{H}_1]; \varphi_g \cong 0;$$

$$2) \dot{E}_2 = \dot{Z}_{c2} [\bar{1}_n \dot{H}_1]; \operatorname{tg} \varphi_g = \frac{k_1 \sin \varphi}{\operatorname{Re} \sqrt{k_2^2 - k_1^2 \sin^2 \varphi}}$$

$$3) \dot{E}_0^{\text{пп}} = \dot{E}_0^{\text{пад}} T_{\perp(\parallel)}; \sin \varphi_n = k_1 / k_2 \sin \varphi.$$

4. В чём физическая суть принципа эквивалентности?

Замена известного распределения поля на поверхности: \dot{E}_s, \dot{H}_s - распределением эквивалентных сторонних источников:

$$1) \dot{J}^{\dot{\Xi}} = [\bar{1}_n \dot{H}^s]; \tau^{\dot{\Xi}} = \varepsilon_a (\bar{1}_n \dot{E}^s); \dot{J}^{\dot{M}} = -[\bar{1}_n \dot{E}^s]; \tau^{\dot{M}} = \mu_a (\bar{1}_n \dot{H}^s);$$

$$2) \dot{J}^{\dot{\Xi}} = [\bar{1}_n \dot{E}^s]; \tau^{\dot{\Xi}} = \mu_a (\bar{1}_n \dot{H}^s); \dot{J}^{\dot{M}} = [\bar{1}_n \dot{H}^s]; \tau^{\dot{M}} = \varepsilon_a (\bar{1}_n \dot{E}^s);$$

$$3) \dot{J}^{\dot{\Xi}} = [\bar{1}_n \dot{H}^s]; \tau^{\dot{\Xi}} = \mu_a (\bar{1}_n \dot{H}^s); \dot{J}^{\dot{M}} = [\bar{1}_n \dot{E}^s]; \tau^{\dot{M}} = \varepsilon_a (\bar{1}_n \dot{E}^s).$$

Вариант 3

1. Может ли мощность сторонних источников быть отрицательной величиной?

$$1) \text{да, } P_{\text{ст}} < 0, \text{ если } \bar{E} \bar{J}^{\text{ст}} > 0;$$

$$2) \text{да, } P_{\text{ст}} < 0, \text{ если } \bar{E} \bar{J}^{\text{ст}} < 0;$$

$$3) \text{нет, } P_{\text{ст}} > 0 - \text{всегда.}$$

2. С какими особенностями связано распространение плоских волн в реальных проводниках?

$$1) \operatorname{tg} \delta \gg 1, \beta = \alpha = \sqrt{\omega \mu_a \sigma / 2}; v_\Phi = v_\Xi = \sqrt{\frac{2\omega}{\mu_a \sigma}}; \lambda = \frac{2\pi}{\sqrt{f \mu_a \sigma}} - \text{дисперсия выражена}$$

сильно;

$$2) \operatorname{tg} \delta \ll 1; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a} \cdot \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \delta}{8}\right); v_\Phi = v_\Xi = v_0 / \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \delta}{8}\right); \lambda \cong (\sigma / 2) \sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a}} -$$

дисперсия выражена слабо;

$$3) \quad \operatorname{tg} \delta = 0; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a} \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \delta}{8} \right); \nu_\Phi = \nu_\Xi = \nu_0, \lambda = \nu_0 / f - \text{дисперсия}$$

отсутствует;

3. Как выглядят приближенные граничные условия Щукина-Леонтовича?

$$1) \quad \dot{\bar{I}}_\tau \dot{E}_{1\tau} = \dot{z}_{c2} [\bar{1}_n \dot{H}_1];$$

$$2) \quad E_{1\tau} = E_{2\tau}; \quad H_{1\tau} = H_{2\tau}; \quad D_{1n} = D_{2n}; \quad B_{1n} = B_{2n};$$

$$3) (D_{1n} - D_{2n}) = \tau^\partial; \quad [\bar{1}_n \dot{E}_1] - [\bar{1}_n \dot{E}_2] = -\dot{j}^m; \quad (B_{1n} - B_{2n}) = \tau^m;$$

$$[\bar{1}_n \dot{H}_1] - [\bar{1}_n \dot{H}_2] = \dot{j}^m.$$

4. Что собой представляет элемент Гюйгенса? Какими направленными свойствами он обладает?

$$1) \quad \text{элемент фронта распространяющейся волны: } F(\theta) = (1/2)(1 + \cos\theta);$$

2) линейный проводник с переменным электрическим током, длиной $l \ll \lambda$;

$$F(\theta) = \sin\theta;$$

$$F(\varphi) = 1;$$

3) рамочный проводник с переменным электрическим током, длиной $l \ll \lambda$; $F(\theta) = 1$;

$$F(\varphi) = \sin\theta.$$

6.3. Самостоятельная работа студентов (СРС).

6.3.1. СРС с лекционными материалами.

Самостоятельная работа включает домашнюю работу с лекционными материалами, которые входят в состав учебно-методического комплекса, сопровождающего дисциплину. Эффективному характеру самостоятельной работы способствуют еженедельные консультации.

Основное внимание в курсе лекций уделено волновым свойствам электромагнитного поля. Законы электро- и магнитостатики, подробно излагаемые в электрофизике, не рассматриваются. Хорошему усвоению материала при его высокой информативности способствует подробное изложение в конспекте математической части курса. Необходимые дополнительные пояснения имеют индивидуальный характер и вносятся в конспект непосредственно при СРС с лекционными материалами.

Оценка эффективности СРС по материалам курса проводится три раза за семестр в процессе рейтинг-контроля по прилагаемым структурированным вопросам.

Вопросы к СРС.

1. Введение. Место и назначение предмета в системе радиотехнических дисциплин, его основное содержание. Роль макроскопической теории электромагнитного поля в радиотехнике и радиоэлектронике.

2. Электромагнитное поле и параметры сред. Векторы электромагнитного поля. Классификация сред. Графическое изображение полей. Потенциальные и вихревые поля. КОФ, ВА, 2=>3, 4; КОФ - курс общей физики, ВА - векторный анализ, КЛ - конспект лекций. Литература: 7б, [4] с. 12-25; КЛ с. 3-11.

3. Основные уравнения электродинамики. Первое уравнение Максвелла. Второе уравнение Максвелла. Третье уравнение Максвелла. Четвертое уравнение Максвелла. Уравнение непрерывности. Закон Ома в дифференциальной форме. Уточнение понятия о проводниках и диэлектриках в свете уравнений Максвелла. Классификация электромагнитных явлений. Уравнение Максвелла и сторонние токи.

2, 3=>4, 5, 6, 7, 8, 10.

Литература: 7б, [4] с. 25-38; КЛ с 11-23.

4. Граничные условия. Неприменимость уравнений Максвелла в дифференциальной форме на границе раздела двух сред. Граничные условия для векторов электрического поля. Граничные условия для векторов магнитного поля. Полная система граничных условий. Граничные условия на поверхности идеального проводника.

3, 4=>7, 8, 10.

Литература: 7б, [4] с. 40-48; КЛ с 23-31.

5. Энергия электромагнитного поля. Баланс энергии электромагнитного поля. Плотность энергии электромагнитного поля. Скорость распространения электромагнитной энергии. Уравнение Максвелла для монохроматического поля. Уравнение баланса для средней за период мощности. Комплексная мощность. Теорема единственности для внутренних и внешних задач электродинамики.

2, 5=>7, 10.

Литература: 7б, [4] с. 52-69; КЛ с. 31-49.

6. Волновые уравнения. Уравнение Гельмгольца. Электродинамические потенциалы для комплексных амплитуд. Решение неоднородных уравнений Гельмгольца. Уравнение Максвелла с учетом магнитных токов и зарядов.

2, 3, 4, 5, 6=>7, 10, 12.

Литература: 7б, [4] с. 75-86; КЛ с.49-62.

7. Плоские волны. Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде. Плоские волны в однородной изотропной среде без потерь. Плоские волны в однородной изотропной среде с проводимостью, отличной от нуля. Поляризация волн.

2, 6, 7=>8, 9, 10, 12.

Литература: 7б, [4] с. 166-182; КЛ с.63-90.

8. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн. Волновые явления на границе раздела двух сред. Поле плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков. Условия полного прохождения волны во вторую среду. Полное отражение от границы раздела двух сред. Падение плоской волны на границу поглощающей среды. Приближенные граничные условия Щукина - Леонтовича.

2, 6, 7, 8=>10, 12.

Литература: 7б, [4] с. 183-204; КЛ с. 90-94.

9. Поверхностный эффект. Явление поверхностного эффекта. Потери энергии в проводнике. Эквивалентный поверхностный ток. Поверхностное сопротивление проводника.

6, 7, 8, 9=>10, 12.

Литература: 7б, [4] с. 205-212; КЛ с. 94-98.

10. Элементарные излучатели. Излучение электромагнитных волн. Элементарный электрический излучатель. Анализ структуры поля элементарного электрического излучателя. Диаграмма направленности элементарного электрического излучателя. Мощность излучения элементарного электрического излучателя. Элементарный магнитный излучатель.

2, 3, 5, 6, 10=>11, 12.

Литература: 7б, [4] с. 136-154; КЛ с. 98-110.

11. Основные теоремы электродинамики. Теорема единственности для внутренних и внешних задач электродинамики. Принцип перестановочной двойственности уравнений Максвелла. Лемма Лоренца. Теорема взаимности для элементарных излучателей. Эквивалентные источники электромагнитного поля. Принцип Гюйгенса - Кирхгофа. Элемент Гюйгенса.

2, 3, 5, 6, 10, 11=>12.

Литература: 7б, [4] с. 63-70, 149, 157-165; КЛ с. 111-121.

12. Основы теории дифракции электромагнитных волн. Строгая постановка задач дифракции. Дифракция плоской волны на круговом цилиндре. Приближение Гюйгенса - Кирхгофа. Геометрическая оптика. Геометрическая теория дифракции.

Литература: 7б, [4] с. 213-238; КЛ с. 122-136.

Помимо прямого указания разделов литературных источников, обслуживающих темы, в приложении к вопросам выделяются взаимные связи различных частей предмета, устанавливается его логическая структура. В определенном смысле, в структурированные вопросы вводятся элемент «программирования» в виде основных логических связей.

6.3.2. Контрольные работы для СРС

Домашние контрольные работы являются базой для оценки степени усвоения теоретического материала и, совместно с другими формами учебного процесса, учитываются в рейтинг - контроле.

Для каждой контрольной работы подготовлено 10 вариантов. Каждый вариант содержит теоретические вопросы и задачи.

Номера задач соответствуют сборнику [3], включенному в раздел 7а. В электронном виде сборник задач входит в учебно-методический комплекс по дисциплине ФРВ.

Контрольная работа № 1

Вариант 1

1. Охарактеризуйте статические и динамические электромагнитные явления. Дайте определение электрического и магнитного полей.
2. Опишите принципы получения дифференциальных уравнений электродинамики. Какие математические операции при этом используются?
3. Объясните смысл закона сохранения энергии в объеме и точке, где используются электромагнитные поля.
4. [3], п. 7а: 2,8; 2,22.

Вариант 2

1. Почему электрические и магнитные поля являются векторными величинами?
2. Опишите физическую сущность уравнений Максвелла. Каким образом учитывается в них присутствие сторонних источников?
3. Каков принцип математического построения уравнения баланса мощности из уравнений Максвелла?
4. [3], п. 7а: 2,10; 2,24.

Вариант 3

1. Какими величинами описываются электрические и магнитные поля. Какова их физическая сущность?
2. В чем отличие и сходство уравнений электродинамики в интегральной и дифференциальной формах?
3. Каков физический смысл вектора Пойнтинга и в каких единицах он измеряется?

4. [3], п. 7а: 2,13; 2,25.

Вариант 4

1. Опишите поведение силовых линий векторов электрического и магнитного полей.
2. Опишите свойства уравнений Максвелла.
3. Объясните интегральную и дифференциальную теоремы Пойнтинга.
4. [3], п. 7а: 2,14; 2,26.

Вариант 5

1. Как связаны векторы электрического поля \vec{E} и \vec{D} , векторы магнитного поля \vec{H} и \vec{B} ? В чём смысл таких связей?
2. Опишите частные случаи уравнений Максвелла.
3. Проанализируйте и объясните появление взаимной энергии при рассмотрении полной энергии двух электромагнитных полей.
4. [3], п. 7а: 2,16; 2,27.

Вариант 6

1. Дайте определение тока проводимости и тока смещения. В чем различие и сходство этих токов?
2. В чем суть метода комплексных амплитуд и зачем он применяется в электродинамике?
3. Опишите математическую процедуру при получении выражения для скорости распространения энергии электромагнитного поля.
4. [3], п. 7а: 2,17; 2,31.

Вариант 7

1. Приведите способ классификации электромагнитных явлений.
2. Напишите уравнение Максвелла в комплексных амплитудах. Объясните в чем их отличие от записи через временные функции?
3. Приведите аналитические рассуждения о законе сохранения заряда и уравнение непрерывности.
4. [3], п. 7а: 2,18; 2,32.

Вариант 8

1. Дайте определение понятиям идеальный проводник и идеальный диэлектрик. В чем смысл уточнения понятий проводник и диэлектрик?
2. Объясните смысл введения комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей.

3. Приведите и объясните уравнение баланса для средних за период значений мощностей в ограниченном объеме.
4. [3], п. 7а: 2,19; 2,22.

Вариант 9

1. Приведите способ классификации сред с точки зрения их электромагнитных свойств.
2. Что понимают под граничными условиями и для каких целей они применяются? Перечислите граничные условия для тангенциальных и нормальных составляющих. Укажите на частные случаи.
3. Напишите и объясните смысл теоремы Пойнтинга для комплексных мощностей.
4. [3], п. 7а: 2,20; 2,24.

Вариант 10

1. Приведите способ графического изображения полей. Как выглядит обобщенное дифференциальное уравнение линий поля?
2. Опишите математические принципы исследования граничных условий.
3. Сформируйте и опишите уравнения баланса для комплексных мощностей применительно к объему, ограниченному замкнутой идеально проводящей поверхностью.
4. [3], п. 7а: 2,21; 2,25.

Контрольная работа № 2

Вариант 1

1. Опишите математические преобразования уравнений Максвелла, приводящие их к уравнениям Гельмгольца.
2. Дайте определение плоской волны. Почему плоская волна не может существовать в действительности?
3. Поясните получение выражения для фазового множителя плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
4. [3], п. 7а: 5.7; 6.5.

Вариант 2

1. Объясните смысл введения векторных и скалярных электродинамических потенциалов.

2. Запишите дифференциальные уравнения плоской волны. Как выглядят их решения?
3. Сравните результаты рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред при нормальной и параллельной поляризациях.
4. [3], п. 7а: 5.10; 6.6.

Вариант 3

1. Перечислите характеристики электромагнитных волн.
2. Как образуется вектор Пойнтинга в плоской волне и чему он равен?
3. Поясните физическую сущность и условия полного преломления плоской волны на границе раздела диэлектрических сред.
4. [3], п. 7а: 5.11; 6.7.

Вариант 4

1. Как записывается формула для постоянной распространения?
2. Почему в исследованиях плоских волн отсутствуют граничные условия?
3. Поясните физическую сущность, и условия полного внутреннего отражения на границе раздела диэлектрических сред. Какие волны называются направляемыми, поверхностными?
4. [3], п. 7а: 5.14; 6.8.

Вариант 5

1. Поясните физический смысл фазовой постоянной. Как она связана с параметрами среды?
2. Что подразумевается под характеристическим сопротивлением плоской волны? К чему приводит комплексное значение характеристического сопротивления?
3. Опишите особенности рассеяния плоской волны при падении на границу с поглощающей средой.
4. [3], п. 7а: 5.17; 6.16.

Вариант 6

1. Поясните физический смысл постоянной затухания. Как она связана с параметрами среды?
2. Опишите особенности распространения плоских волн в вакууме и идеальном диэлектрике. Что подразумевается под понятием свободного пространства?
3. Сформулируйте и опишите условия применимости приближенных граничных условий Шукина – Леонтовича.
4. [3], п. 7а: 5.18; 6.17.

Вариант 7

1. Дайте определение фазовой скорости и длины волны.
2. Опишите особенности распространения плоских волн в реальных проводниках.
3. Какие особенности проявляются при падении плоской волны на поверхность идеального проводника?
4. [3], п. 7а: 5.20; 6.21.

Вариант 8

1. Напишите и объясните формулы решений неоднородных уравнений Гельмгольца.
2. Опишите поляризационные свойства плоской волны. В каком случае поляризация будет линейной, круговой, эллиптической?
3. В чем суть поверхностного эффекта? Как и для чего вводится понятие эквивалентного поверхностного тока?
4. [3], п. 7а: 5.21; 6.22.

Вариант 9

1. Запишите уравнения Максвелла с учетом магнитных зарядов и токов. Сформулируйте принцип перестановочной двойственности.
2. Опишите особенности распространения плоских волн в среде с проводимостью отличной от нуля. Что подразумевается под дисперсией и глубиной проникновения?
3. Что подразумевается под поверхностным сопротивлением реального проводника?
4. [3], п. 7а: 5.31; 6.33.

Вариант 10

1. Сформулируйте теорему единственности для внутренних и внешних задач электродинамики.
2. Опишите особенности распространения плоских волн в реальных диэлектриках?
3. Каким образом определяются потери в проводниках?
4. [3], п. 7а: 5.33; 6.38.

Контрольная работа 3

Вариант 1

1. Что подразумевается под элементарным электрическим излучателем (ЭЭИ)? Каким образом подтверждается его близость с изотропным излучателем?

2. Поясните физический смысл леммы Лоренца. Связь между какими величинами она устанавливает?
3. [3], п. 7а: 11.9; 12.1.

Вариант 2

1. Опишите математические преобразования, в ходе которых определяется векторный электрический потенциал для ЭЭИ.
2. Как, используя лемму Лоренца, аналитически сформулировать теорему взаимности для элементарных излучателей?
3. [3], п. 7а: 11.10; 12.2.

Вариант 3

1. Опишите математические преобразования, в ходе которых определяются составляющие поля ЭЭИ.
2. Каким образом и для чего вводятся эквивалентные источники электромагнитного поля? Сформулируйте связь принципа эквивалентности с принципом Гюйгенса.
3. [3], п. 7а: 11.11; 12.3.

Вариант 4

1. Сформулируйте понятие ближней и дальней зон ЭЭИ, сравните свойства электромагнитного поля в зонах.
2. Что собой представляет элемент Гюйгенса? Какими направленными свойствами он обладает?
3. [3], п. 7а: 11.12; 12.4.

Вариант 5

1. Проанализируйте общие выражения для составляющих поля ЭЭИ и их преобразованную форму в дальней зоне.
2. Сформулируйте строгую постановку задачи дифракции.
3. [3], п. 7а: 11.13; 12.5.

Вариант 6

1. Дайте определение диаграммы направленности ЭЭИ, и постройте её в меридиональной и экваториальной плоскостях в нормированном виде.
2. В чём суть приближения Гюйгенса – Кирхгофа при решении дифракционных задач?

3. [3], п. 7а: 11.14; 12.6.

Вариант 7

1. Объясните процесс вычисления мощности и сопротивления излучения ЭЭИ.
2. Сформулируйте и опишите основные этапы решения задачи дифракции на круговом металлическом цилиндре.
3. [3], п. 7а: 11.15; 12.7.

Вариант 8

1. Что понимается под элементарным магнитным излучателем (ЭМИ)? Как получить выражение для составляющих поля ЭМИ, используя аналогичные выражения для ЭЭИ?
2. Поясните основные принципы метода геометрической оптики.
3. [3], п. 7а: 11.17; 12.8.

Вариант 9

1. Укажите отличия и сходства полей ЭЭИ и ЭМИ в дальней зоне с полем плоской волны.
2. Сформулируйте основные особенности решения дифракционных задач методом краевых волн.
3. [3], п. 7а: 11.18; 12.9.

Вариант 10

1. Объясните процедуру перехода от эквивалентного магнитного тока к реально существующему напряжению в случае элементарного щелевого излучателя. Приведите другие типы ЭМИ.
2. В чем суть метода геометрической теории дифракции? Сравните его с методом геометрической оптики.
3. [3], п. 7а: 11.19; 12.19.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ФРВ

а) Основная литература:

1. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Сеницын А.К. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие / А.А. Кураев, Т.Л. Попкова, А.К. Сеницын. – М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. – 424 с.
2. Боков Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн (электронный ресурс): учебное пособие / Л.А. Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель. – Электронные текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 301 с.
3. Сборник задач по курсу Электродинамика и распространение радиоволн / Баскаков С.И. и др., Под ред. С.И. Баскакова. – М: Высшая школа, 2015. – 208 с. (Библиотека ВлГУ)
4. Электродинамика и распространение радиоволн: метод. Указания к лабораторным работам по курсу “Электродинамика и распространение радиоволн” для студентов специальности 11.03.03 дневной формы обучения/ НГТУ им. Р.Е.Алексеева: сост.:С.М. Никулин, Е.А. Лебедева - Нижний Новгород, 2015. 63с.

б) Дополнительная литература

1. Мандель А.Е. Распространение радиоволн (электронный ресурс): учебное пособие / А.Е. Мандель, В.А. Замотринский. - Электронные текстовые данные. – Электронные текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 163 с.
2. Григорьев А.Д.Методы вычислительной электродинамики [Электронный ресурс]/Григорьев А.Д.-Электрон. Текстовые данные.-М.:ФИЗМАТЛИТ,2012. -432 с.
3. Электродинамика: Учебное пособие / И.Ф. Будагян, В.Ф. Дубровин, А.С. Сигов. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 304 с.
4. Евдокимов Ю. К., Линдваль В. Р., Щербаков Г. И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 400 с.


8.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ФРВ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- лабораторные макеты и измерительное оборудование специализированной лаборатории (510-3) по дисциплине ФРВ (3 лабораторные работы): Г4-114, Г4-37А, Г4-80 - 2 шт., У2-8, В3-38 - 3шт., ВМТ-Д, П6-23А;
- компьютеры со специализированным программным обеспечением LabVIEW (8 шт.) в специализированной лаборатории (504-3) для выполнения виртуальных лабораторных работ по дисциплине ФРВ (3 виртуальных работы).

Программа составлена в соответствии с требованием ФГОС ВО по направлению 11.03.01 Радиотехника.

Рабочую программу составил профессор кафедры РТ и РС  В.М. Гаврилов

Рецензент(ы) Генеральный директор ОАО “Владимирское КБ Радиосвязи”
 А.Е.Богданов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 23 от 26.06.14 года.

Заведующий кафедрой РТ и РС  О.Р. Никитин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления _____

Протокол № 10 от 28.06.14 года.

Председатель комиссии  О.Р.Никитин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт _____

Кафедра _____

Актуализированная
рабочая программа
рассмотрена и одобрена
на заседании кафедры
протокол № ____ от ____ 2019 г.

Заведующий кафедрой

(подпись, ФИО)

Актуализация рабочей программы дисциплины

(наименование дисциплины)

Направление подготовки

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования

Форма обучения

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

Актуализация выполнена: _____
(подпись, должность, ФИО)

а) основная литература: _____ (не более 5 книг)

б) дополнительная литература: _____

в) периодические издания: _____

г) интернет-ресурсы: _____