

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Суслин А. В.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАДИОФИЗИКА

Направление/специальность подготовки	27.03.04 Управление в технических системах
Специализация/профиль/программа подготовки	Автономные информационные и управляющие системы
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	3	108	51	17	17	17	57	0	0	57	диф. зач.
3	6	4	144	85	34	17	34	59	0	18	41	экз.
ВСЕГО		7	252	136	51	34	51	116	0	18	98	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

27.03.04 Управление в технических системах

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Митюшов Александр Иванович, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Заведующий кафедрой Егоренков Л.С., к.т.н., снс

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Заведующий кафедрой Егоренков Л.С., к.т.н., снс

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИОФИЗИКА

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1.1 — способность разрабатывать и исследовать электромеханические и электронные автономные системы управления действием высокодинамичных объектов в условиях повышенных внешних воздействий
ПСК-1.3 — способность разрабатывать информационно-измерительные компоненты автономных информационных и управляющих систем

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

знания:

физических процессов в радиоэлектронных элементах и устройствах боеприпасов и взрывателей, связанных с электромагнитными колебаниями и волнами радиодиапазона;

умения:

применять изученные законы, принципы и методы для анализа физических процессов в радиоэлектронных устройствах и оценке их работоспособности;

навыки:

анализировать начальные и граничные условия функционирования аппаратуры;

обобщать, сопоставлять и систематизировать данные.

ПСК-1.3

знания:

физических законов и закономерностей, лежащих в основе формирования, излучения, распространения и приема радиоволн;

принципов, методов и идей, на которых основано функционирование устройств излучения и приема радиосигналов автономных информационных и управляющих систем;

умения:

выполнять простейшие расчеты параметров электрических и магнитных полей, колебательных и волновых процессов, а также параметров типовых антенно-фидерных устройств;

навыки:

работы с научно-технической литературой и учебными пособиями;

решения расчетных задач с использованием компьютерных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **РАДИОФИЗИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **27.03.04 Управление в технических системах**.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, МЕТОДЫ АНАЛИЗА СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики
- ОПК-10 — Способен разрабатывать (на основе действующих стандартов) техническую документацию (в том числе в электронном виде) для регламентного обслуживания систем и средств контроля, автоматизации и управления
- ОПК-11 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)
- ОПК-3 — Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен решать задачи развития науки, техники и технологии в области управления в технических системах с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
- ОПК-6 — Способен разрабатывать и использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности
- ПК-94 — способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач
- УК-6 — Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.3
3	5	Раздел 1. Законы электрического и магнитного поля. 1.1 Электрическое поле. 1.2 Магнитное поле. 1.3 Вещество в электрическом и магнитном поле.	36	18	6	6	6	18	10	10
3	5	Раздел 2. Переменные поля. 2.1 Электромагнитная индукция. 2.2 Электрические колебания. 2.3 Электромагнитное поле.	38	18	6	6	6	20	20	20
3	5	Раздел 3. Электромагнитные волны. 3.1 Уравнение плоской волны. 3.2 Волна в материальной среде. 3.3 Излучение электромагнитных волн.	34	15	5	5	5	19	15	15
Всего за 5 семестр			108	51	17	17	17	57	45	45
3	6	Раздел 4. Антенно-фидерные устройства. 4.1 Характеристики и параметры антенн. 4.2 Разновидности антенн. 4.3 Антенные решетки.	51	32	12	8	12	19	25	25
3	6	Раздел 5. Техника СВЧ. 5.1 Волноводы. 5.2 Резонаторы. 5.3 Устройства СВЧ.	48	28	12	4	12	20	10	10
3	6	Раздел 6. Распространение радиоволн. 6.1 Распространение РВ в атмосфере. 6.2 Влияние земной поверхности. 6.3 Влияние условий РРВ на функционирование систем связи, неконтактных электромагнитных датчиков и систем ближней локации.	45	25	10	5	10	20	20	20
Всего за 6 семестр			144	85	34	17	34	59	55	55
Всего по дисциплине			252	136	51	34	51	116	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Законы электрического и магнитного поля.	Анализ законов электрического поля.	2
2		Анализ законов магнитного поля.	2
3		Анализ электрических и магнитных свойств вещества.	2
4	Раздел 2. Переменные поля.	Анализ электромагнитной индукции.	2
5		Расчет параметров электрических колебаний и параметров колебательных систем.	2
6		Анализ уравнений Максвелла .	2
7	Раздел 3. Электромагнитные волны.	Анализ распространения плоских ЭМВ в вакууме, диэлектрике и в проводящей среде.	2
8		Анализ волновых явлений (поляризация, отражение и преломление, интерференция, дифракция, дисперсия).	2
9		Расчёт элементарных излучателей. Электрический и магнитный диполь.	1
Всего за 5 семестр			17
10	Раздел 4. Антенно- фидерные устройства.	Параметры АУ. Диаграмма направленности антенной системы (ДНА).	2
11		Система излучателей. Расчет множителя системы. Оценка влияния амплитудно-фазового распределения на ДНА.	2
12		Оценка параметров вибраторных и директорных антенн.	2
13		Анализ параметров рупорных, щелевых и магнитных антенн.	2
14		Расчёт параметров зеркальных антенн.	2
15		Оценка параметров антенных решеток.	2
16	Раздел 5. Техника СВЧ.	Анализ полосковых линий передачи.	2
17		Длинные линии, параметры и режимы работы. Согласование линии.	2
18		Прямоугольный и круглый волновод. Оценка типов волн.	2

19		Анализ способов возбуждения волноводов и вывода энергии.	2
20		Расчет коаксиальной линии.	2
21		Объёмные резонаторы. Анализ типов волн. Расчет характеристик.	2
22	Раздел 6. Распространение радиоволн.	Классификация РВ. Строение атмосферы. Оценка области существенной для РРВ. Анализ влияния ионосферы на РРВ.	2
23		Анализ РРВ в тропосфере (рефракция, затухание, рассеяние).	4
24		Область, существенная для отражения. Множитель земли. Анализ отражений от земной и морской поверхности. Расчет зоны видимости РЛС.	4
Всего за 6 семестр			34

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Законы электрического и магнитного поля.	Исследование моделей источников М-поля в FEMM.	2
2		Исследование экранирующего влияния металла на М-поле.	2
3		Исследование электрической ёмкости.	2
4	Раздел 2. Переменные поля.	Исследование явления электромагнитной индукции.	2
5		Исследование свободных электрических колебаний	2
6		Исследование вынужденных электрических колебаний.	2
7	Раздел 3. Электромагнитные волны.	Исследование плоских электромагнитных волн	2
8		Исследование моделей электрического и магнитного диполей.	3
Всего за 5 семестр			17
9	Раздел 4. Антенно-фидерные устройства.	Исследование ДН системы излучателей.	2
10		Исследование влияния амплитудно-фазового распределения на вид ДНА.	2
11		Исследование антенной решетки с фазовым управлением.	2
12		Исследование антенной решетки с частотным управлением.	2
13	Раздел 5. Техника СВЧ.	Исследование согласования волноводного тракта.	2
14		Исследование моделей устройств СВЧ.	2
15	Раздел 6. Распространение радиоволн.	Исследование модели распространения ЭМВ в атмосфере.	3
16		Исследование влияния отражений от земли на диаграмму направленности антенны.	2
Всего за 6 семестр			17

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Законы электрического и магнитного поля.	Повторение лекционного материала.	6
2		Подготовка к практическим занятиям.	6
3		Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	6
4	Раздел 2. Переменные поля.	Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	8
5		Повторение лекционного материала.	6
6		Подготовка к практическим занятиям.	6
7	Раздел 3.	Повторение лекционного материала.	5

8	Электромагнитные волны.	Подготовка к практическим занятиям.	7
9		Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	7
Всего за 5 семестр			57
10	Раздел 4. Антенно-фидерные устройства.	Повторение лекционного материала.	4
11		Подготовка к практическим занятиям.	4
12		Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	5
13		Выбор и согласование тем курсовых работ. Оформление проектов заданий на курсовые работы. Оформление заданий на курсовые работы. Анализ состояния вопроса.	6
14	Раздел 5. Техника СВЧ.	Повторение лекционного материала.	4
15		Подготовка к практическим занятиям.	4
16		Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	6
17		Выполнение расчётной части курсовых работ.	6
18	Раздел 6. Распространение радиоволн.	Повторение лекционного материала.	4
19		Подготовка к практическим занятиям.	4
20		Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	6
21		Разработка текстовой и расчётно-графической частей курсовых работ. Оформление пояснительных записок, подготовка к защите курсовых работ.	6
Всего за 6 семестр			59

3.5. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Уяснение задания, подбор и изучение литературы	3 - 4	2
Этап 2. Разработка программы расчетов на ЭВМ	5 - 7	4
Этап 3. Расчёт параметров множителя системы при равномерном амплитудном распределении	8 - 10	4
Этап 4. Расчёт параметров антенной системы при спадающем амплитудном распределении	11 - 12	3
Этап 5. Построение чертежей и диаграмм	13 - 14	2
Этап 6. Оформление пояснительной записки	15 - 16	2
Этап 0. Представление курсового проекта руководителю	17 - 17	1
Всего за 6 семестр		18

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5		ЛР		ЛР	Тест	ДР		ЛР	Колл	ДР		ЛР	Тест	ЛР		ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.
6		ЛР		ЛР	Тест	ДР		ЛР	Колл	ДР		ЛР	Тест	ЛР		ДР	Вопр. Экз, КР

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Тест – тест;
- Колл – коллоквиум;
- КР – курсовая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;

- лабораторная работа;
- тест;
- коллоквиум;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Смирнов, В. П. Смолин. . Устройства СВЧ и антенны. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 167 экз.
2. В. П. Смолин, В. В. Смирнов, О. В. Свешников. . Электродинамика и распространение радиоволн. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, эл. рес.
3. Г. В. Белокопытов, К. С. Ржевкин, А. А. Белов. . Основы радиофизики. М.: УРСС, 1996, эл. рес.
4. Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин. . Электродинамика и распространение радиоволн. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
5. Е. И. Нефёдов. . Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. М.: Академия, 2010, 12 экз.
6. Е. И. Нефёдов. . Техническая электродинамика. М.: Академия, 2008, 16 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Антенны и устройства СВЧ. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 0 экз.
2. В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин. . Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности. СПб.: Лань, 2010, 1 экз.
3. И. Н. Топтыгин. Современная электродинамика. Ч. 2 Теория электромагнитных явлений в веществе. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, 2 экз.
4. Л. С. Егоренков, В. И. Киселёв, Н. А. Платонов. . Прикладная электродинамика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004, 3 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
4. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
5. <http://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Microsoft Office;
2. NI Multisim - академическая версия;
3. PTC Mathcad Prime 5.0;
4. Matlab 2015a SP1;
5. DjVuReader.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Microsoft Office;
4. DjVuReader;
5. PTC Mathcad Prime 5.0;
6. NI Multisim - академическая версия;
7. Matlab 2015a SP1.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Microsoft Office;
4. NI Multisim - академическая версия;
5. PTC Mathcad Prime 5.0;
6. Matlab 2015a SP1.

6.4. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **РАДИОФИЗИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 27.03.04 *Управление в технических системах*. Дисциплина реализуется на факультете *Е* Оружие и системы вооружения БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.1 способность разрабатывать и исследовать электромеханические и электронные автономные системы управления действием высокодинамичных объектов в условиях повышенных внешних воздействий;

ПСК-1.3 способность разрабатывать информационно-измерительные компоненты автономных информационных и управляющих систем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими процессами в радиоэлектронных элементах боеприпасов и взрывателей при формировании, излучении, распространении и приеме радиоволн. Студенты приобретают знания физических законов, принципов, методов и идей, на которых основано функционирование устройств излучения и приема радиосигналов боеприпасов и взрывателей, а также умения применять изученные законы, принципы и методы радиофизики для анализа физических процессов, оценки потенциальных возможностей и работоспособности устройств, использующих радиоволны.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- тест;
- коллоквиум;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (51 ч.), практические занятия (51 ч.), лабораторный практикум (34 ч.), самостоятельная работа студента (116 ч).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 252 ч., из них 136 ч. аудиторных занятий, и 116 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Законы электрического и магнитного поля.		
Повторение лекционного материала.	Е. И. Нефёдов. . Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: М.: Академия, 2010 (Глава 1)	6
Подготовка к практическим занятиям.	Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин. . Электродинамика и распространение радиоволн: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Выборочно по разделам)	6
Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	Л. С. Егоренков, В. И. Киселёв, Н. А. Платонов. . Прикладная электродинамика: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 (Выборочно по разделам) В. П. Смолин, В. В. Смирнов, О. В. Свешников. . Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (Глава 2)	6
Итого по разделу 1		18
Раздел 2. Переменные поля.		
Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	Е. И. Нефёдов. . Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: М.: Академия, 2010 (Главы 1, 2) В. В. Смирнов, В. П. Смолин. . Устройства СВЧ и антенны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Глава 7) В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин. . Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности: СПб.: Лань, 2010 (Выборочно по разделам)	8
Повторение лекционного материала.	Е. И. Нефёдов. . Техническая электродинамика: М.: Академия, 2008 (Выборочно по разделам)	6
Подготовка к практическим занятиям.	В. П. Смолин, В. В. Смирнов, О. В. Свешников. . Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (Главы 2, 3)	6
Итого по разделу 2		20
Раздел 3. Электромагнитные волны.		
Повторение лекционного материала.	В. В. Смирнов, В. П. Смолин. . Устройства	5

Подготовка к практическим занятиям.	СВЧ и антенны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Глава 7)	7
Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	Е. И. Нефёдов. . Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: М.: Академия, 2010 (Главы 3-5) В. П. Смолин, В. В. Смирнов, О. В. Свешников. . Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (Главы 3-5) И. Н. Топтыгин. Современная электродинамика. Ч. 2 Теория электромагнитных явлений в веществе: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (Выборочно по разделам)	7
Итого по разделу 3		19
Раздел 4. Антенно-фидерные устройства.		
Повторение лекционного материала.	. Антенны и устройства СВЧ: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (Главы 7-10)	4
Подготовка к практическим занятиям.		4
Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	Г. В. Белокопытов, К. С. Ржевкин, А. А. Белов. . Основы радиофизики: М.: УРСС, 1996 (Выборочно по разделам)	5
Выбор и согласование тем курсовых работ. Оформление проектов заданий на курсовые работы. Оформление заданий на курсовые работы. Анализ состояния вопроса.	В. В. Смирнов, В. П. Смолин. . Устройства СВЧ и антенны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Глава 4) Е. И. Нефёдов. . Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: М.: Академия, 2010 (Глава 5)	6
Итого по разделу 4		19
Раздел 5. Техника СВЧ.		
Повторение лекционного материала.	В. В. Смирнов, В. П. Смолин. . Устройства СВЧ и антенны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Главы 2-6)	4
Подготовка к практическим занятиям.		4
Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.	Е. И. Нефёдов. . Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: М.: Академия, 2010 (Главы 6-7, 9)	6
Выполнение расчётной части курсовых работ.		6
Итого по разделу 5		20
Раздел 6. Распространение радиоволн.		
Повторение лекционного материала.	Е. И. Нефёдов. . Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: М.: Академия, 2010 (Главы 10-12)	4
Подготовка к практическим занятиям.		4
Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов.		6
Разработка текстовой и расчётно-графической частей курсовых работ. Оформление пояснительных записок, подготовка к защите курсовых работ.		6
Итого по разделу 6		20

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- коллоквиум;
- тест;
- лабораторная работа;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы к экзамену;
- экзамен;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Коллоквиум

Проводится в устной форме. На коллоквиум выносится часть материала дифференцированного зачёта (экзамена); оценка за коллоквиум учитывается при выставлении оценки по итогам промежуточного контроля в виде дифференцированного зачёта (экзамена).

Ответ оценивается преподавателем по четырёхбалльной системе; оцениваются корректность и полнота ответа.

Оценка выставляется согласно следующим критериям:

«отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение разносторонними навыками и приемами;

«хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

«удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;

«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

По результатам сдачи обучающимся коллоквиума преподаватель выставляет оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем "удовлетворительно".

Тематика коллоквиума 5 семестр:

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

1. Электрические заряды и их свойства. Взаимодействие электрических зарядов. Закон Кулона.
2. Вектор напряженности и силовые линии электрического поля. Принцип суперпозиции.
3. Работа сил электрического поля. Потенциал. Напряжение.
4. Энергия системы зарядов.
5. Связь между напряженностью и потенциалом электрического поля. Градиент потенциала.
6. Диэлектрическая проницаемость. Вектор электрической индукции.
7. Поток вектора электрической индукции. Закон Гаусса.
8. Циркуляция напряжённости Эл-поля. Условие потенциальности Эл-поля.
9. Электрический диполь. Вектор электрического момента диполя.
10. Движение электрических зарядов в электрическом поле.
11. Проводники в электрическом поле. Распределение зарядов в проводнике.

12. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Диэлектрическая восприимчивость. Вектор поляризованности вещества.
13. Напряженность и потенциал поля на поверхности проводника. Электрическая емкость.
14. Конденсаторы. Емкость параллельно и последовательно соединенных конденсаторов.
15. Энергия заряженного конденсатора. Плотность энергии электрического поля.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

1. Индукция и напряженность магнитного поля.
2. Закон Био-Савара-Лапласа.
3. Магнитное поле прямолинейного проводника.
4. Магнитное поле витка с током и соленоида.
5. Магнитный поток. Закон Гаусса для магнитного поля.
6. Закон Ампера. Работа магнитного поля по перемещению проводника и рамки с током в магнитном поле.
7. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле.
8. Эффект Холла. Принцип действия датчика Холла.
9. Магнитный диполь. Магнитный момент диполя. М-диполь во внешнем поле.
10. Рамка с током в магнитном поле. Магнитный и вращающий моменты рамки с током.
11. Циркуляция вектора напряженности магнитного поля. Закон полного тока.
12. Сущность электромагнитной индукции. Закон Фарадея, правило Ленца.
13. ЭДС индукции при движении прямолинейного проводника и вращении рамки с током в магнитном поле.
14. Сущность явления самоиндукции. Индуктивность.
15. Сущность явления взаимной индукции. Коэффициент взаимной индукции.
16. Энергия поля катушки с током. Плотность энергии магнитного поля.
17. Атом в магнитном поле. Диамагнитный эффект.
18. Магнитные свойства вещества. (Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики).
19. Магнитная восприимчивость вещества. Вектор намагниченности.

КОЛЕБАНИЯ

1. Сущность колебательного процесса.
2. Физические процессы при свободных электрических колебаниях.
3. Уравнение гармонических электрических колебаний.
4. Энергия электрических колебаний.
5. Анализ изменения электрического тока и напряжения на элементах колебательного контура при свободных незатухающих колебаниях.
6. Физические процессы при затухающих электрических колебаниях.
7. Уравнение электрических затухающих колебаний.
8. Параметры затухающих колебаний и колебательного контура.
9. Анализ зависимости параметров свободных электрических колебаний от параметров колебательного контура.
10. Анализ изменения электрического тока и напряжения на элементах колебательного контура при затухающих колебаниях.
11. Уравнение электрических вынужденных колебаний.
12. Амплитуда вынужденных колебаний. Анализ зависимости амплитуды напряжения и тока от параметров внешнего воздействия.
13. Сдвиг фаз между напряжением и током на элементах колебательного контура.
14. Сущность явления резонанса. Условия возникновения резонанса.
15. Параметры колебаний при резонансе.
16. Анализ зависимости параметров колебаний от параметров системы.
17. Реактивное сопротивление. Оценка зависимости сопротивления контура от частоты.

Тематика коллоквиума 6 семестр:

1. Волновой процесс. Анализ бегущей волны (волновой функции).
2. Излучение электромагнитных волн. Характеристика направленности электрического вибратора.
3. Излучение электромагнитных волн. Характеристика направленности щелевой антенны. Принцип перестановочной двойственности.
4. Антенные устройства. Классификация антенн.
5. Антенные устройства. Характеристики антенн
6. Антенные устройства. Параметры антенн
7. Линейная система дискретных излучателей. Анализ множителя системы.
8. Линейная непрерывная излучающая система. Анализ множителя системы
9. Влияние амплитудного и фазового распределения на ДНА.

10. Способы уменьшения боковых лепестков ДНА
11. Принцип электронного качания ДНА. Антенные решётки с фазовым управлением
12. Принцип электронного качания ДНА. Антенные решётки с частотным управлением
13. Зеркальные параболические антенны и их разновидности. Параметры зеркальных антенн
14. Методика расчёта зеркальной параболической антенны
15. Директорные антенны и их параметры. Система вибратор – пассивный рефлектор.
16. Директорные антенны и их параметры. Система вибратор – пассивный директор
17. Спиральные антенны и их параметры
18. Антенны поверхностных волн. Принцип работы и характеристики
19. Магнитные антенны. Принцип работы и характеристики
20. Микрополосковые антенны. Принцип работы и характеристики

Тест

Тестовые задания (10 вопросов, 25 минут).

Критерии оценивания – правильные ответы на поставленные вопросы;

показатель оценивания – процент верных ответов на вопросы;

шкала оценивания – выделено 4 уровня освоения компетенций:

- высокий, оценка "отлично", более 85 % правильных ответов;
- достаточный, оценка "хорошо", от 70 до 85 % правильных ответов;
- пороговый, оценка "удовлетворительно" от 55 до 70 % правильных ответов;
- критический, оценка "неудовлетворительно", менее 55 % правильных ответов.

Тестирование необходимо для текущего контроля и формирования рейтинга студента к моменту дифференцированного зачёта (экзамена). По результатам выполнения обучающимся теста преподаватель выставляет оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем "удовлетворительно".

Ориентировочный перечень тестовых заданий:

1. Укажите формулу, определяющую потенциал электрического поля точечного заряда
2. Укажите единицу измерения напряженности электрического поля
3. Как изменится величина силы действующей на пробный заряд, если расстояние от него до другого точечного заряда увеличится в 2 раза?
4. Величина заряда равна . Напряжённость поля 5 В/м.
Чему равна работа перемещения заряда на 1м по эквипотенциальной поверхности 1м?
5. Укажите единицу измерения электрической ёмкости.
6. Укажите формулу скалярного произведения векторов
7. Укажите формулу дивергенции
8. Укажите математическую запись теоремы Остроградского-Гаусса
9. Укажите формулу закона Гаусса для электрического поля в интегральной форме.
10. Укажите единицу измерения напряженности магнитного поля.
11. Какая из приведенных формул определяет силу Кулона?
12. По какой линии будет двигаться отрицательный заряд, если он влетает в область однородного электрического поля вдоль силовых линий?
13. По какой линии будет двигаться отрицательный заряд, если он влетает в область однородного магнитного поля поперёк силовых линий?
14. Какова сила тока в прямолинейном проводнике длиной 50 см, если в магнитном поле с индукцией 20 мТл на него действует максимальная сила 0,18 Н?
15. Укажите формулу закона Гаусса для магнитного поля
16. Указать выражение для магнитной индукции поля линейного тока
17. Указать выражение для ЭДС самоиндукции
18. Какова амплитуда ЭДС индукции в рамке 0,318м², которая вращается в магнитном поле 0,5 Тл со скоростью 600 об/мин?
19. Указать выражение для определения магнитного момента контура с током.
20. Указать выражение для вектора намагниченности вещества.

Лабораторная работа

На первом занятии для всей группы проводится инструктаж на рабочем месте по правилам соблюдения требований по техники безопасности и о порядке допуска к лабораторным работам. В книге учета первичного инструктажа каждый обучающийся расписывается по факту проведения инструктажа этого вида.

Обучающимся сообщается порядок допуска, выполнения и защиты лабораторных работ. При необходимости группа обучающихся разбивается на бригады по 2-3 человека. Обучающимся выдаются задания и бланки отчетов. Допуском к выполнению ЛР является правильно заполненный бланк отчета. Допуск к выполнению работ и контроль правильности заполнения отчетов и осуществляет преподаватель. Отчет о ЛР представляется в печатном виде в формате, предусмотренным шаблоном отчета о лабораторной работе.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов измерений,
- отсутствия выводов по работе.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Оценка качества выполнения лабораторной работы осуществляется преподавателем по четырёхбалльной системе. В случае, если ответы обучающегося во время защиты соответствуют указанным требованиям, обучающийся получает максимальное количество баллов. Оцениваются умение применить полученные теоретические знания, соблюдение правил техники безопасности, своевременность выполнения лабораторных работ.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от "отлично" до "неудовлетворительно" являются:

- небрежное выполнение,
- поверхностные, непродуманные ответы выводы по результатам работы,
- неверные ответы на вопросы преподавателя.

Контрольное мероприятие считается пройденным при отсутствии у обучающегося отметок "неудовлетворительно" за лабораторные работы.

Курсовая работа

Темы курсовых работ обучающиеся выбирают в первые две недели после начала семестра. Обучающемуся предлагается определить этапность выполнения работы.

Требования к выполнению курсовой работы:

- объём не менее 15 страниц печатного текста (без учёта титульного листа, приложений, списка использованных источников и оглавления),
- обязательно включение в состав курсовой работы не менее 5-8 графических иллюстраций (рисунки, чертежи, слайды для демонстрации и т.п.),
- обязательно использование в процессе выполнения не менее трёх отечественных и одного зарубежного источников информации, опубликованных в последние 10 лет,
- остальные требования к оформлению согласно действующему на момент выполнения курсовой работы Положению по содержанию, оформлению организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ.

Контроль текущего выполнения разделов курсовой работы проводится еженедельно в течение семестра. Защита курсовой работы проходит в форме доклада обучающегося о выполненной работе и демонстрации графического материала руководителю.

Результаты защиты курсовой работы определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «не защитил». Курсовая работа оценивается в день защиты.

Оценка «отлично» выставляется за курсовую работу, которая носит исследовательский характер, имеет грамотно изложенную теоретическую главу, глубокий анализ, логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными предложениями, имеющими практическую значимость. Произведённые расчёты выполнены правильно и в полном объёме. Работа выполнена в установленный срок, грамотным языком. Оформление соответствует действующим стандартам, сопровождается достаточным объёмом табличного и графического материала.

При защите курсовой работы обучающийся показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, а во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.), даёт чёткие и аргументированные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за курсовую работу, которая носит исследовательский характер, имеет грамотно изложенную теоретическую главу, проведён достаточно подробный анализ, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако анализ источников неполный, выводы недостаточно аргументированы, в структуре и содержании работы есть отдельные погрешности, не имеющие принципиального характера.

При защите курсовой работы студент показывает знание вопросов темы, оперирует данными исследования, вносит предложения по теме исследования, во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.) или раздаточный материал, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за курсовую работу, которая носит исследовательский или описательный характер, имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, однако просматривается непоследовательность изложения материала, анализ источников подменен библиографическим обзором, документальная основа работы представлена недостаточно. Проведённое исследование содержит поверхностный анализ, выводы неконкретны, рекомендации слабо аргументированы, в оформлении работы имеются погрешности, сроки выполнения работы нарушены. При защите курсовой работы студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не всегда даёт исчерпывающие аргументированные ответы на заданные вопросы.

Оценка «не защитил» выставляется за курсовую работу, которая не соответствует заявленной теме, не имеет анализа, не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях. Выводы не соответствуют изложенному материалу или отсутствуют. При защите курсовой работы обучающийся затрудняется отвечать на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки. При защите не используются наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.).

Курсовая работа не может быть принята и подлежит доработке в случае, если:

- оформление работы не соответствует действующему на момент выполнения курсовой работы Положению по содержанию, оформлению организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ,
- содержательная часть и выводы по результатам работы не соответствуют заданию на выполнение курсовой работы,
- в работе отсутствует необходимый графический материал,
- приведённые результаты свидетельствуют о неправильной обработке результатов измерений или расчётов.

По результатам выполнения обучающимся курсовой работы (или её окончательной доработки) преподаватель ставит на титульном листе работы оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем «удовлетворительно».

Ориентировочный перечень тем курсовых работ:

1. Дана линейная эквидистантная система из электрических вибраторов с равномерным амплитудным распределением. Оси излучателей ориентированы перпендикулярно прямой, соединяющей их фазовые центры.

Провести анализ множителя системы для синфазного и прямофазного питания излучателей. Найти

- 1) максимум множителя системы и результирующей диаграммы направленности (ДН) с учетом направленных свойств излучателей;
- 2) коэффициент направленного действия (КНД) системы излучателей;
- 3) количество и направления главных максимумов;
- 4) количество и направления нулей в диаграмме направленности;
- 5) ширину главного лепестка по нулям и по половинной мощности;
- 6) количество и направления побочных максимумов;
- 7) уровень боковых лепестков;

Построить множитель системы и результирующую ДН системы в полярной и прямоугольной системах координат.

Найти КНД, уровень боковых лепестков и ширину ДН по половинной мощности при спадающем к краям антенны амплитудном распределении по закону косинуса.

Варианты

1. $N = 4$, $d = 0.75$
2. $N = 4$, $d = 1$
3. $N = 4$, $d = 1.5$

4. $N = 5$, $d = 0.75$
5. $N = 5$, $d = 1$
6. $N = 5$, $d = 1.5$
7. $N = 6$, $d = 0.75$
8. $N = 6$, $d = 1$
9. $N = 6$, $d = 1.5$
10. $N = 7$, $d = 0.75$
11. $N = 7$, $d = 1$
12. $N = 7$, $d = 1.5$

Расстояние между излучателями d указано в размерах длины волны.

2. Рассчитать геометрические размеры и профиль зеркала, обосновать выбор и рассчитать конструкцию облучателя антенны РЛС, при следующих исходных данных:

- а) ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости 2 градуса;
- б) ширина диаграммы направленности в вертикальной плоскости 5 градусов;
- в) уровень боковых лепестков 5%;
- г) длина волны 2 сантиметра;
- д) Зона обзора 5 градусов по углу места и 30 градусов по азимуту.

Обосновать способ обзора зоны и рассчитать элементы системы сканирования.

3. Рассчитать зеркальную антенну для приема передач спутникового телевидения и конструкцию ферритового фазовращателя для переключения с горизонтальной на вертикальную поляризацию сигнала.

4. Рассчитать геометрические размеры и конструкцию волнового канала для приема телепередач на 6 частотном канале при условии, что коэффициент усиления антенны должен быть не менее 20. Рассчитать диаграмму направленности предлагаемой антенны. Определить ширину главного лепестка по уровню половинной мощности.

5. Рассчитать геометрические размеры элементов директорной антенны, которая имеет один рефлектор, один директор и работает на частоте 200 МГц. Рассчитать диаграмму направленности и найти основные параметры данной антенны.

6. Рассчитать геометрические размеры и конструкцию спиральной антенны для приема сигнала с правой круговой поляризацией на частоте 500 МГц при условии, что коэффициент усиления антенны должен быть не менее 10.

7. Рассчитать геометрические размеры и конструкцию турникетной антенны для приема сигнала с левой круговой поляризацией на частоте 200 МГц. Рассчитать диаграмму направленности и найти основные параметры данной антенны.

8. Рассчитать геометрические размеры и конструкцию рамочной антенны для приема сигнала на частоте 1000 МГц. Рассчитать диаграмму направленности и основные показатели антенны

9. Рассчитать конструкцию фазированной антенной решетки, количество излучателей и расстояние между ними, амплитудное распределение и максимальный сдвиг фаз между соседними излучателями для следующих условий:

- антенна должна формировать игольчатый луч шириной 2 градуса;
- уровень боковых лепестков не более 2%;
- антенна должна обеспечить электронное сканирование в секторе 120 градусов;
- длина волны 10 см.

10. Рассчитать конструкцию фазированной антенной решетки, количество излучателей и расстояние между ними, амплитудное распределение и максимальный сдвиг фаз между соседними излучателями, расширение луча на краях сектора сканирования для следующих условий:

- антенна должна формировать игольчатый луч шириной 30°;
- уровень боковых лепестков не более 3%;
- антенна должна обеспечить электронное сканирование в секторе 1000°;
- длина волны 3 см.

Вопросы к дифференцированному зачету

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

1. Электрические заряды и их свойства. Взаимодействие электрических зарядов. Закон Кулона.
2. Вектор напряженности и силовые линии электрического поля. Принцип суперпозиции.
3. Работа сил электрического поля. Потенциал. Напряжение.
4. Энергия системы зарядов.
5. Связь между напряженностью и потенциалом электрического поля. Градиент потенциала.
6. Диэлектрическая проницаемость. Вектор электрической индукции.
7. Поток вектора электрической индукции. Закон Гаусса.
8. Циркуляция напряженности Эл-поля. Условие потенциальности Эл-поля.
9. Электрический диполь. Вектор электрического момента диполя.
10. Движение электрических зарядов в электрическом поле.
11. Проводники в электрическом поле. Распределение зарядов в проводнике.
12. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Диэлектрическая восприимчивость. Вектор поляризованности вещества.
13. Напряженность и потенциал поля на поверхности проводника. Электрическая емкость.
14. Конденсаторы. Емкость параллельно и последовательно соединенных конденсаторов.
15. Энергия заряженного конденсатора. Плотность энергии электрического поля.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

1. Индукция и напряженность магнитного поля.
2. Закон Био-Савара-Лапласа.
3. Магнитное поле прямолинейного проводника.
4. Магнитное поле витка с током и соленоида.
5. Магнитный поток. Закон Гаусса для магнитного поля.
6. Закон Ампера. Работа магнитного поля по перемещению проводника и рамки с током в магнитном поле.
7. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле.
8. Эффект Холла. Принцип действия датчика Холла.
9. Магнитный диполь. Магнитный момент диполя. М-диполь во внешнем магнитном поле.
10. Рамка с током в магнитном поле. Магнитный и вращающий моменты рамки с током.
11. Циркуляция вектора напряженности магнитного поля. Закон полного тока.
12. Сущность электромагнитной индукции. Закон Фарадея, правило Ленца.
13. ЭДС индукции при движении прямолинейного проводника и вращении рамки с током в магнитном поле.
14. Сущность явления самоиндукции. Индуктивность.
15. Сущность явления взаимной индукции. Коэффициент взаимной индукции.
16. Энергия поля катушки с током. Плотность энергии магнитного поля.
17. Атом в магнитном поле. Диамагнитный эффект.
18. Магнитные свойства вещества. (Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики).
19. Магнитная восприимчивость вещества. Вектор намагниченности.

КОЛЕБАНИЯ

1. Сущность колебательного процесса.
2. Физические процессы при свободных электрических колебаниях.
3. Уравнение гармонических электрических колебаний.
4. Энергия электрических колебаний.
5. Анализ изменения электрического тока и напряжения на элементах колебательного контура при свободных незатухающих колебаниях.
6. Физические процессы при затухающих электрических колебаниях.
7. Уравнение электрических затухающих колебаний.
8. Параметры затухающих колебаний и колебательного контура.
9. Анализ зависимости параметров свободных электрических колебаний от параметров колебательного контура.
10. Анализ изменения электрического тока и напряжения на элементах колебательного контура при затухающих колебаниях.
11. Уравнение электрических вынужденных колебаний.
12. Амплитуда вынужденных колебаний. Анализ зависимости амплитуды напряжения и тока от параметров внешнего воздействия.
13. Сдвиг фаз между напряжением и током на элементах колебательного контура.
14. Сущность явления резонанса. Условия возникновения резонанса.
15. Параметры колебаний при резонансе.
16. Анализ зависимости параметров колебаний от параметров системы.
17. Реактивное сопротивление. Оценка зависимости сопротивления контура от частоты.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

1. Циркуляция электрического поля.
2. Циркуляция магнитного поля.
3. Поток электрического поля через замкнутую поверхность.
4. Поток магнитного поля через замкнутую поверхность.
5. Дивергенция электрического поля.
6. Дивергенция магнитного поля.
7. Ротор напряженности электрического поля.
8. Ротор напряженности магнитного поля.
9. Уравнения среды. Материальные уравнения.
10. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.
11. Уравнения Максвелла в интегральной форме.
12. Анализ системы уравнений Максвелла при отсутствии зарядов.
13. Анализ системы уравнений Максвелла при отсутствии токов проводимости.
14. Свойства электромагнитного поля. Взаимная ориентация полей.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

1. Преобразование уравнений Максвелла в волновые уравнения.
2. Волновые уравнения электромагнитных волн для частных случаев.
3. Волновые функции. Анализ бегущей волны (волновой функции).
4. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга.
5. Особенности распространения ЭМВ в диэлектрике и проводящей среде.
6. Эффект Доплера. Влияние длины волны, скорости источника и приемника на Доплеровский сдвиг частоты. Эффект Доплера в радиолокации.
7. Волновые явления. Явление интерференции. Когерентные волны.
8. Волновые явления. Отражение и преломление волн. Законы отражения.
9. Волновые явления. Амплитуда отраженной и преломленной волны.
10. Волновые явления. Дифракция ЭМВ.
11. Волновые явления. Поляризация ЭМВ. Виды поляризации.
12. Волновые явления. Поляризация при отражении и преломлении.
13. Волновые явления. Закон Малюса, угол Брюстера.
14. Волновые явления. Дисперсия ЭМВ. Рефракция.
15. Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели.

Вопросы к экзамену

1. Волновой процесс. Анализ бегущей волны (волновой функции).
2. Излучение электромагнитных волн. Характеристика направленности электрического вибратора.
3. Излучение электромагнитных волн. Характеристика направленности щелевой антенны. Принцип перестановочной двойственности.
4. Антенные устройства. Классификация антенн.
5. Антенные устройства. Характеристики антенн
6. Антенные устройства. Параметры антенн
7. Линейная система дискретных излучателей. Анализ множителя системы.
8. Линейная непрерывная излучающая система. Анализ множителя системы
9. Влияние амплитудного и фазового распределения на ДНА.
10. Способы уменьшения боковых лепестков ДНА
11. Принцип электронного качания ДНА. Антенные решётки с фазовым управлением
12. Принцип электронного качания ДНА. Антенные решётки с частотным управлением
13. Зеркальные параболические антенны и их разновидности. Параметры зеркальных антенн
14. Методика расчёта зеркальной параболической антенны
15. Директорные антенны и их параметры. Система вибратор – пассивный рефлектор.
16. Директорные антенны и их параметры. Система вибратор – пассивный директор
17. Спиральные антенны и их параметры
18. Антенны поверхностных волн. Принцип работы и характеристики
19. Магнитные антенны. Принцип работы и характеристики
20. Микрополосковые антенны. Принцип работы и характеристики
21. Область, существенная для распространения радиоволн. Размеры области
22. Область, существенная для отражения радиоволн. Размеры области
23. Влияние земли на характеристику направленности антенной системы. Допустимая высота неровностей
24. Множитель земли и его параметры
25. Отражение радиоволн от земной поверхности. Изменение амплитуды и фазы ЭМВ при отражении от

почвы типа диэлектрик и проводник

26. Поляризация ЭМВ. Виды поляризации. Влияние поляризации на коэффициент отражения от земной поверхности и множитель земли
27. Влияние сферичности земли на распространение радиоволн. Дальность прямой видимости
28. Строение атмосферы. Влияние тропосферы на распространение радиоволн
29. Затухание радиоволн в атмосфере. Учёт затухания радиоволн
30. Рефракция радиоволн в атмосфере, виды и условия рефракции.
31. Влияние рефракции на радиосвязь и радиолокационное наблюдение целей
32. Строение атмосферы. Влияние ионосферы на распространение радиоволн
33. Прохождение ЭМВ через ионизированный слой. Критическая частота, максимальная частота, максимально-применимая частота.

Задачи.

1. Радиолокационная станция излучает 3-сантиметровые радиоволны. Какова частота колебаний?
2. Найти скорость распространения электромагнитной волны в среде, в которой $\epsilon=2$; а $\mu=3,125$?
3. Вычислить длину электромагнитной волны, если частота колебаний 10 ГГц, $\epsilon = 2$, $\mu = 2$.
4. Нарисовать множитель линейной системы из трёх излучателей, расположенных на расстоянии $d = 1.5\lambda$ при синфазном питании.
5. Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль оси x , имеет вид.
Чему равна скорость распространения волны.
6. Раскрыв антенны равен 4м в длину и 2м по высоте. Найти ширину диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскости, а также коэффициент усиления антенны, если длина волны 0,1м.
7. Нарисовать множитель линейной системы из трёх излучателей, расположенных на расстоянии $d = 0.5\lambda$ при синфазном питании. Какой сдвиг фаз по питанию необходимо обеспечить, чтобы антенна излучала вдоль линии излучателей
8. Чему равна скорость распространения электромагнитной волны в среде, у которой $\epsilon=4$; а $\mu=1$?
9. Нарисовать нормированную диаграмму направленности электрического вибратора и щелевой антенны в плоскостях E и H .
10. Найти ширину ДНА линейной системы из трёх излучателей, расположенных на расстоянии $d = 0.5\lambda$ при синфазном питании. По нулям. Определить сдвиг фаз для прямофазного питания
11. Высота антенны над землёй 9м. Длина волны 0,1м. Найти допустимую высоту неровностей в центре области существенной для отражения. Определить расстояние до ближней и дальней кромок зоны отражения.
12. Высота антенны над землёй 9м. Высота цели 225м. Найти дальность прямой видимости с учётом и без учёта рефракции
13. Высота антенны над землёй 9м. Длина волны 3м. Найти угол первого максимума множителя земли при горизонтальной поляризации.
14. Антенна излучает под углом 30° к горизонту. Найти максимальную частоту, при которой волна отразится от слоя F2 ионосферы
15. Высота антенны над землёй 9м. Длина волны 3м. Найти угол первого максимума множителя земли.

Экзамен

Вопросы к экзамену оформляются в виде билета. Билет включает в себя два теоретических вопроса и задачу.

Оценка за ответ по билету выставляется согласно следующим критериям:

«отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение разносторонними навыками и приемами;

«хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

«удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;

«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

Дифференцированный зачет

Вопросы к зачёту оформляются в виде билета. Билет включает в себя два теоретических вопроса и задачу.

Сдача дифференцированного зачёта и выставление оценки по результатам промежуточного контроля происходит только после успешной сдачи обучающимся предусмотренных рабочей программой контрольных мероприятий текущей и рубежной аттестаций.

В случае отставания или невыполнения предусмотренного рабочей программой графика контрольных мероприятий, за исключением диагностической работы, обучающемуся не может быть разрешено прохождение промежуточного контроля по дисциплине до ликвидации соответствующего отставания.

Оценка за ответ по билету выставляется согласно следующим критериям:

«отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение разносторонними навыками и приемами;

«хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

«удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;

«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

Допускается проведение зачёта в форме тестирования. Каждый вариант тестового задания должен включать 60 вопросов и задач по всем разделам.

Показатель оценивания – процент верных ответов на вопросы.

Шкала оценивания включает 4 уровня для выставления оценки:

- высокий, оценка "отлично", более 85 % правильных ответов;
- достаточный, оценка "хорошо", от 70 до 85 % правильных ответов;
- пороговый, оценка "удовлетворительно" от 55 до 70 % правильных ответов;
- критический, оценка "неудовлетворительно", менее 55 % правильных ответов.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.3	
3	5	Раздел 1. Законы электрического и магнитного поля.	36	18	6	6	6	18	10	10	Лабораторная работа, Тест, Коллоквиум
3	5	Раздел 2. Переменные поля.	38	18	6	6	6	20	20	20	Лабораторная работа, Коллоквиум, Тест
3	5	Раздел 3. Электромагнитные волны.	34	15	5	5	5	19	15	15	Лабораторная работа, Курсовая работа, Тест, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 5 семестр			108	51	17	17	17	57	45	45	
3	6	Раздел 4. Антенно-фидерные устройства.	51	32	12	8	12	19	25	25	Лабораторная работа, Курсовая работа, Тест, Коллоквиум
3	6	Раздел 5. Техника СВЧ.	48	28	12	4	12	20	10	10	Лабораторная работа, Курсовая работа, Коллоквиум, Тест
3	6	Раздел 6. Распространение радиоволн.	45	25	10	5	10	20	20	20	Лабораторная работа, Курсовая работа, Тест, Вопросы к экзамену
Всего за 6 семестр			144	85	34	17	34	59	55	55	
Всего по дисциплине			252	136	51	34	51	116	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-1.1

Вопросы открытого типа:

- № 1 Мерой электрической энергии является
- № 2 Мерой магнитной энергии является
- № 3 Физическая величина, равная силе, с которой электрическое поле действует на единичный заряд в данной точке, называется
- № 4 Физическая величина, равная работе, которую совершает электрическое поле при перемещении единичного заряда между двумя точками, называется
- № 5 Физическая величина, равная отношению напряжённости электрического поля в вакууме к напряжённости электрического поля в веществе для одинакового источника поля называется
- № 6 Физическая величина, равная максимальной силе, с которой магнитное поле действует на элемент с током в данной точке, называется
- № 7 Физическая величина, равная отношению магнитной индукции в веществе к магнитной индукции в вакууме для одинакового источника поля называется
- № 8 Если расстояние между точечными зарядами увеличится в 2 раза, то сила взаимодействия между ними _____ в _____ раза
- № 9 Если расстояние между точечными зарядами уменьшится в 2 раза, то энергия их взаимодействия _____ в _____ раза
- № 10 Коэффициент пропорциональности между зарядом и потенциалом проводника называется

Вопросы закрытого типа:

- № 1 При перемещении прямолинейного проводника длиной 50см с током 10А на расстояние 1м магнитное поле выполнило работу 5Дж. Какова индукция магнитного поля?

Варианты ответов:

- 1) 1Тл,
2) 2Тл,
3) 3Тл,
4) 4Тл.
- № 2 Каков радиус вращения заряженной частицы в магнитном поле $2 \cdot 10^{-2}$ Тл, если её масса $2 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд $1 \cdot 10^{-18}$ Кл, скорость поперёк силовых линий $2 \cdot 10^5$ м/с?

Варианты ответов:

- 1) 0,1мм,
2) 1 мм,
3) 2 см,
4) 20 см.
- № 3 Укажите единицу измерения напряжённости электрического поля

Варианты ответов:

- 1) В / м = Ньютон / Кулон,
2) Вт = Джоуль / сек
3) Кулон / метр²
4) В = Джоуль / Кулон
- № 4 Укажите единицу измерения электрического смещения,

Варианты ответов:

- 1) В / м = Ньютон / Кулон,
- 2) Вт = Джоуль / сек
- 3) Кулон / метр²
- 4) В = Джоуль / Кулон

№ 5

Среда характеризуется $\mu = 1$, $\epsilon = 9$, $\sigma = 1$. Чему равно волновое сопротивление среды?

Варианты ответов:

- 1) 10 Ом,
- 2) 20π Ом,
- 3) 30 Ом,
- 4) 40π Ом.

№ 6

Среда характеризуется $\mu = 1$, $\epsilon = 9$, $\sigma = 1$. Чему равен абсолютный коэффициент преломления среды?

Варианты ответов:

- 1) 1,
- 2) 3,
- 3) 9,
- 4) 12.

№ 7

известна волновая функция

$$E = 10^{-3} \sin(10^9 \pi t - 10\pi x)$$

Какова длина волны?

Варианты ответов:

- 1) 10 см
- 2) 20 см
- 3) 50 см
- 4) 100 см

№ 8

Известна волновая функция

$$E = 10^{-3} \sin(10^9 \pi t - 10\pi x)$$

Какова фазовая скорость волны?

Варианты ответов:

Варианты ответов:

- 1) $3 \cdot 10^8$ м/с,
- 2) $1 \cdot 10^8$ м/с,
- 3) $3 \cdot 10^7$ м/с,

- № 9 4) $1 \cdot 10^6$ м/с
Известна волновая функция

$$E = 10^{-3} \sin(10^9 \pi t - 10\pi x)$$

Какова электромагнитная плотность среды?

Варианты ответов:

- 1) 1
2) 2
3) 3
4) 5
- № 10 Элементарный вибратор $\ell=0,1\lambda$. Ток $I_m = 10$ А.

Найти мощность волны, падающую на 10м^2 на дальности 1км в вакууме под углом $\pi/2$ к оси вибратора.

Варианты ответов:

- 1) ≈ 17 мкВт,
2) ≈ 47 мкВт
3) ≈ 170 мкВт,
4) ≈ 470 мкВт.

ПСК-1.3

Вопросы открытого типа:

- № 1 Процесс разделения зарядов в проводнике под действием внешнего электрического поля называется
- № 2 Процесс смещения электрических зарядов атомов и молекул диэлектрика во внешнем электрическом поле называется
- № 3 Процесс изменения ориентации магнитных моментов атомов и молекул вещества во внешнем магнитном поле называется
- № 4 Отрицательный заряд влетает в область однородного магнитного поля перпендикулярно силовым линиям. В этом случае он будет двигаться по
- № 5 Положительный заряд влетает в область однородного магнитного поля вдоль силовых линий. В этом случае он будет двигаться по
- № 6 Отрицательный заряд влетает в область однородного магнитного поля под углом к силовым линиям. В этом случае он будет двигаться по
- № 7 Положительный заряд влетает в область однородного электрического поля под углом к силовым линиям. В этом случае он будет двигаться по
- № 8 Среда относится к проводникам, если тангенс угла потерь
- № 9 Взаимосвязанные изменяющиеся электрические и магнитные поля – это
- № 10 Взаимосвязанные изменения электрического и магнитного поля, распространяющиеся в пространстве – это

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Какой ток протекает в прямолинейном проводнике длиной 0,2м, если максимальная сила Ампера, в магнитном поле 0,5Тл равна 0,2Н?

Варианты ответов:

- 1) 0,2А;
2) 0,5А;
3) 2А;
4) 5А.

№ 2 Какая сила Лоренца в магнитном поле 0,5Тл действует на заряд $1 \cdot 10^{-10}$ Кл, движущийся перпендикулярно силовым линиям со скоростью $2 \cdot 10^6$ м/с?

Варианты ответов:

- 1) $0,5 \cdot 10^{-3}$ Н,
- 2) $1 \cdot 10^{-4}$ Н,
- 3) $2 \cdot 10^{-5}$ Н,
- 4) $3 \cdot 10^{-6}$ Н.

№ 3 Приведённая формула

$$p_m = I \cdot S$$

позволяет рассчитать

Варианты ответов:

- 1) магнитный поток,
- 2) магнитный момент,
- 3) силу Лоренца,
- 4) силу Ампера.

№ 4 Приведённая формула

$$F = q v B$$

позволяет рассчитать

Варианты ответов:

- 1) магнитный поток,
- 2) магнитный момент,
- 3) силу Лоренца,
- 4) силу Ампера.

№ 5 Приведённая формула

$$\Phi = B \cdot S$$

позволяет рассчитать

Варианты ответов:

- 1) магнитный поток,
- 2) магнитный момент,
- 3) силу Лоренца,
- 4) силу Ампера.

№ 6 Выражение

$$w = DB = \sqrt{\epsilon_a \mu_a} EH$$

определяет плотность энергии

Варианты ответов:

- 1) электрического поля,
 2) магнитного поля,
 3) электромагнитного поля.
 Известна волновая функция

$$E = 10^{-3} \sin(10^9 \pi t - 10\pi x)$$

Какова частота электромагнитной волны?

Варианты ответов:

- 1) 100 МГц
 2) 200 МГц
 3) 500 МГц
 4) 1000 МГц
- № 8 Первое уравнение Максвелла в дифференциальной форме

$$\text{rot}(\vec{H}) = \vec{J}_{\text{пр}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

указывает, что

Варианты ответов:

- 1) вихревое электрическое поле может возникнуть только за счёт изменения магнитного поля,
 2) точечных источников магнитного поля не существует,
 3) вихревое магнитное поле возникает при движении зарядов и за счёт изменения электрического поля,
 4) точечными источниками электрического поля являются заряды.
- № 9 Второе уравнение Максвелла в дифференциальной форме

$$\text{rot}(\vec{E}) = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

указывает, что

Варианты ответов:

- 1) вихревое электрическое поле может возникнуть только за счёт изменения магнитного поля,
 2) точечных источников магнитного поля не существует,
 3) вихревое магнитное поле возникает при движении зарядов и за счёт изменения электрического поля,
 4) точечными источниками электрического поля являются заряды.
- № 10 Четвёртое уравнение Максвелла в дифференциальной форме

$$\text{div}(\vec{B}) = 0$$

указывает, что

Варианты ответов:

- 1) вихревое электрическое поле может возникнуть только за счёт изменения магнитного поля,
- 2) точечных источников магнитного поля не существует,
- 3) вихревое магнитное поле возникает при движении зарядов и за счёт изменения электрического поля,
- 4) точечными источниками электрического поля являются заряды.