

ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.А. БУНИНА



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.04.07 Электродинамика и распространение радиоволн**

**Направление подготовки: 11.03.01 Радиотехника**

**Направленность (профиль): Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**

**Квалификация (степень): бакалавр**

**Форма обучения: очная**

**Институт:** математики, естествознания и техники

**Кафедра:** физики, радиотехники и электроники

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	2		
Семестр/триместр	4		

Лекции	18		
Лабораторные занятия	18		
Практические (семинарские) занятия			
Консультации	2		
Формы промежуточной аттестации	Экзамен-0,3		
Контроль	18		
Иные формы работы			
Самостоятельная работа	87,7		

**Всего часов: 144**

**Трудоемкость: 4 зачетные единицы.**

Разработчик(и) рабочей программы:

кандидат физико-математических наук, доцент \_\_\_\_\_ Д.В. Кузнецов

подпись

## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Цель изучения дисциплины:** изучение основ теории макроскопической электродинамики и ее применение для анализа электромагнитных явлений и расчета распространения радиоволн различных диапазонов..

**Задачи изучения дисциплины:**

- усвоение студентами основных положений макроскопической электродинамики
- формирование практических умений и навыков решения задач в области теории электромагнитного поля и особенностей взаимодействия электромагнитных волн с различными физическими средами.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** реализуется в рамках обязательной части блока Б1.

**Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

Использовать основы системного подхода для постановки и решения задач макроскопической электродинамики и распространения радиоволн.

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	<b>Знать:</b> фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	<b>Знает:</b> - основные положения, законы и уравнения классической электродинамики - основные методы математической обработки и анализа процессов излучения и распространения радиоволн в различных средах
	<b>Уметь:</b> применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<b>Умеет:</b> - применять стандартные формулы и приемы при решении задач из области излучения и распространения радиоволн, - применять корректным образом законы и методы математического анализа и обработки при решении задач из области излучения и распространения радиоволн, - строить простейшие физические, математические и компьютерные модели приборов, схем, устройств и установок радиоэлектроники
	<b>Владеть:</b> навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	<b>Владеет:</b> - физико-математическим аппаратом для решения задач из области излучения и распространения радиоволн, - современными информационными про-

		граммными средствами для решения решений задач из области излучения и распространения радиолволн.
--	--	---

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

**с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу**

### Очная форма обучения

1	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	<b>Раздел 1. « Основные уравнения и законы электродинамики »</b>	<b>56</b>	<b>8</b>		<b>8</b>	<b>40</b>
1.	Тема 1. « Векторные характеристики электромагнитного поля. Закон полного тока. Первое уравнение Максвелла »	14	2		2	10
2.	Тема 2. «Закон электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла. Теорема Гаусса. Третье и четвертое уравнения Максвелла.»	14	2		2	10
3.	Тема 3. «Система уравнений электродинамики. Уравнения Максвелла в комплексной форме»	14	2		2	10
4.	Тема 4. «Граничные условия на поверхности раздела сред. Энергия электромагнитного поля»	14	2		2	10
	<b>Раздел 2. «Электромагнитные волны их излучение и распространение »</b>	<b>67,7</b>	<b>10</b>		<b>10</b>	<b>47,7</b>
5.	Тема 5. «Излучение электромагнитных волн»	14	2		2	10
6.	Тема 6. «Волновые уравнения Гельмгольца. Общее уравнение плоской электромагнитной волны»	14	2		2	10
7.	Тема 7. «Плоская элек-	14	2		2	10

	электромагнитная волна в среде без потерь и в реальной среде»					
8.	Тема 8. «Волновые явления на границе раздела двух сред»	14	2		2	10
9.	Тема 9. «Направляемые электромагнитные волны. Объемные резонаторы»	11,7	2		2	7,7
	экзамен	0,3				
	Итого за 4 семестр	124	18		18	
	ИТОГО:	124	18		18	87,7

**Очно-заочная форма обучения** *(не реализуется)*

**Заочная форма обучения** *(не реализуется)*

### **III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Текущая аттестация проводится в форме теста.

#### **Типовой вариант контрольной работы**

1. Найти вектор напряженности электрического поля в центре шара радиуса  $R$ , объемная плотность заряда которого  $\rho = ar$ , где  $a$  — постоянный вектор,  $r$  — радиус-вектор, проведенный из центра шара.
2. Показать, что на границе диэлектрика с проводником поверхностная плотность связанного заряда диэлектрика  $\sigma' = -\sigma(\epsilon - 1)/\epsilon$ , где  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость,  $\sigma$  — поверхностная плотность заряда на проводнике.
3. Однослойная катушка (соленоид) имеет длину  $l$  и радиус сечения  $R$ . Число витков на единицу длины  $n$ . Найти индукцию магнитного поля в центре катушки при пропускании через нее тока  $I$ .
4. Длинный сплошной алюминиевый цилиндр радиуса  $a = 5,0$  см вращают вокруг его оси в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 10$  мТ. Угловая скорость вращения  $\omega = 45$  рад/с, причем  $\omega \uparrow \uparrow B$ . Пренебрегая магнитным полем возникающих зарядов, найти их объемную и поверхностную плотности.
5. По бесконечному цилиндрическому проводнику радиусом  $a$  протекает постоянный ток  $I_0$ . Определить напряженность магнитного поля внутри и вне проводника.
6. В пространстве с декартовой системой координат полупространство  $z > 0$  заполнено воздухом, а полупространство  $z < 0$  — проводящим веществом с параметром  $\sigma = 2 \cdot 10^7$  См/м. В воздушной среде создано постоянное и однородное электрическое поле, вектор напряженности которого  $E_1 = 10^{-4}$  В/м. Определите: а) модуль вектора

плотности тока проводимости в веществе; б) удельную плотность мощности тепловых потерь.

7. Плоская электромагнитная волна с перпендикулярной поляризацией падает из воздуха под углом  $\varphi = 60^\circ$  на границу раздела с диэлектриком, имеющим параметры  $\epsilon = 3.8$ ,  $\mu = 1$ . Амплитуда вектора напряженности электрического поля падающей волны  $E_{\text{пад}} = 0.4$  В/м. Найти амплитуды векторов напряженности магнитного поля отраженной и преломленной волн.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета с использованием следующих оценочных материалов:

### **Вопросы к экзамену 4 семестр, очная**

1. Векторные характеристики электромагнитного поля
2. Электромагнитные параметры среды
3. Закон полного тока. Первое уравнение Максвелла
4. Закон электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла
5. Теорема Гаусса. Третье и четвертое уравнения Максвелла
6. Закон сохранения заряда. Уравнение непрерывности
7. Полная система уравнений электродинамики. Уравнения Максвелла в комплексной форме
8. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электромагнитного поля
9. Граничные условия для касательных составляющих векторов электромагнитного поля
10. Баланс энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга.
11. Вектор Пойнтинга для гармонических полей
12. Электродинамические потенциалы. Калибровка потенциалов
13. Элементарный электрический излучатель. Диполь Герца
14. Волновые уравнения Гельмгольца. Общее уравнение плоской электромагнитной волны
15. Поляризация плоских электромагнитных волн
16. Плоская электромагнитная волна в среде без потерь
17. Плоская электромагнитная волна в реальной среде
18. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе диэлектрик–диэлектрик
19. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе диэлектрик–проводник. Скин–эффект.
20. Уравнения Максвелла в прямоугольном волноводе. Е–волны в прямоугольном волноводе
21. Н–волны в прямоугольном волноводе
22. Круглый волновод
23. Использование круглых волноводов в качестве линии передачи

24. Общие свойства объемных резонаторов
25. Прямоугольный объемный резонатор. Условие резонанса

#### **IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **4.1. Основная литература**

1. Боков, Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Л.А. Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель ; Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. – 410 с. : ил.,табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208611> (дата обращения: 01.09.2020). – ISBN 978-5-86889-578-4. – Текст : электронный.
2. Краснопевцев, Е.А. Электродинамика : учебное пособие : [16+] / Е.А. Краснопевцев ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 244 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574783> (дата обращения: 01.09.2020). – Библиогр. с. 240. – ISBN 978-5-7782-3667-7. – Текст : электронный.

##### **4.2. Дополнительная литература**

1. Электромагнитные поля и волны: сборник задач и упражнений / Л.А. Боков, А.Е. Мандель, Ж.М. Соколова, Л.И. Шангина ; Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : ТУСУР, 2013. – 271 с. : ил.,табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480510> (дата обращения: 01.09.2020). – Библиогр.: с. 269. – Текст : электронный.

#### **V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	<a href="http://edu.ru/">http://edu.ru/</a>	Российское образование: Федеральный портал. Включает ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений; государственные образовательные стандарты; нормативные документы; каталог экскурсий и обучающих программ.	Свободный доступ

#### **VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории, в которой имеется следующее оборудование: источник ЭДС; Миллиамперметры; Вольтметры; Амперметры; Плоский стеклянный сосуд; Набор электродов; Сосуд с электродами; Реостаты; Секундомер; Весы технические; Набор разновесов; Ключи; Тангенс-буссоль; Магазин сопротивления; Гальванометры; Реохорды; Катушки; Сопротивления; ВУП-2М; ИПД-1; магазины сопротивлений Магазины емкостей, модульФПЭ-11 осциллографы универсальные С1-71, осциллографы универсальные С1-73.

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.