



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДВФУ**


«СОГЛАСОВАНО»

«УТВЕРЖДАЮ»


Инженерная школа

Заведующая кафедрой  
электроники и средств связи

Руководитель ОП

 Л.Г. Стаценко  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)

«28» 06 2017 г.

 Л.Г. Стаценко  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)

«28» 06 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Электромагнитные поля и волны

**Направление подготовки**

**11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Форма подготовки очная/заочная

курс 2 семестр 4

лекции 18/8 час.

практические занятия 36/6 час.

лабораторные работы 18/8 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0/0 /пр. 18/4 /лаб. 16/4 час.

всего часов аудиторной нагрузки 72/22 час.

в том числе с использованием МАО 34/8 час.

самостоятельная работа 36/82 час.

в том числе на подготовку к экзамену – не предусмотрено учебным планом

контрольные работы – 1

курсовая работа/ курсовой проект – не предусмотрено учебным планом

зачет – 4 семестр

экзамен не предусмотрен учебным планом

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Дальневосточного федерального университета, принятого решением Ученого совета ДВФУ, протокол от 25.02.2016 № 02-16, введен в действие приказом ректора ДВФУ от 10.03.2016 № 12-13-391

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроники и средств связи, протокол №19 от «28» июня 2017г.

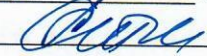

Заведующая кафедрой: д.ф.-м.н., профессор Л.Г. Стаценко

Составители: доцент А.П. Лысенко



**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « 10 » 07 20 18 г. № 16

Заведующий кафедрой    
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in 11.03.02 Infocomm technologies and communication system**

**Course title:** Electromagnetic fields and waves

**Basic part of Block 1, 3 credits.**

**Instructor:** Lysenko A.P.,

**At the beginning of the course a student should be able to:**

- plan, analyze, and did a self-evaluation of self-activity;
- work with referential literature;
- formalize results of their activities and present it at the modern level;
- work with different information sources: different books, encyclopedias, catalogs, dictionaries, Internet resources;
- search, analyze, select, organize, convert, store and transmit information;

**Learning outcomes:**

General Professional Competence

GPC-2 – the ability to understand the nature and significance of information in the development of modern information society, aware of the dangers and threats that arise in the process, to comply with the basic requirements of information security, including protection of the State;

Specific Professional Competence

SPC-17 – being able to apply modern theoretical and experimental methods of research to develop new communication and information tools and devices.

**Course description:** Basic concepts of electromagnetic field radiation, propagation, reflection and refraction. Field simulation in mathematical package Matlab (Scilab)

**Main course literature:**

1. Bokov L.A. *Elektrodinamika i rasprostranenie radiovoln* [Electrodynamics and radiowaves propagation]— Tomsk: TUSUR, 2013.— 410 p.— <http://www.iprbookshop.ru/72050.html> (rus)  
[http://www.iprbookshop.ru/5748&book\\_id=72050](http://www.iprbookshop.ru/5748&book_id=72050)

2. Elektrodinamika i rasprostraneniye radiovoln [Electrodynamics and radiowaves propagation] / D.Yu. Muromtsev [etc.] — Sankt-Petrburg: Lan, 2014. — 448 p. — <https://e.lanbook.com/book/50680> (rus)

<https://e.lanbook.com/reader/book/50680/>

3. Saveliev I.V. Osnovy teoreticheskoy fiziki. Tom 1. Mekhanika. Elektrodinamika [Basics of theoretic physics. Vol 1. Mechanics. Electrodynamics] — Sankt-Petrburg: Lan, 2018. — 496 p. — <https://e.lanbook.com/book/104956> (rus)

<https://e.lanbook.com/reader/book/104956/>

**Form of final knowledge control:** fail-pass exam.

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Электромагнитные поля и волна» предназначена для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи. Трудоемкость дисциплины 3 зачетных единицы, 108 академических часов, из них 18 часов лекций, 36 часов практических занятий, 18 часов лабораторных работ, 36 часов самостоятельной работы. Данная дисциплина входит в базовую часть блока обязательных дисциплин. Дисциплина реализуется на 2 курсе в 4 семестре. Дисциплина «Электромагнитные поля и волны» базируется на подготовке, которую студенты получают при изучении дисциплин: «Математика (интегро-дифференциальное счисление, векторные операции)», «Физика (электродинамика)». Логически связана с последующей дисциплиной «Распространение радиоволн».

Содержание дисциплины рассматривает основные понятия и процессы теории электромагнитных волн. При этом особое внимание уделяется распространению сферической электромагнитной волны в неограниченном пространстве и на границе раздела сред (процессы отражения и преломления).

**Целью** курса «Электромагнитные поля и волны» является изучение основ теории электромагнетизма, особенностей различных классов электромагнитных процессов, а также различных электромагнитных явлений в вакууме и веществе.

**Задачей** изучения курса является приобретение основных знаний по теории электромагнетизма и электромагнитных волн. Курс является базовым для других радиотехнических дисциплин, таких как, «Распространение радиоволн», «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи».

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-2 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением инфокоммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Знает	Знает основные уравнения, описывающие электромагнитное поле, энергетические соотношения и физические процессы, происходящие в нем; знает методы исследования элементарных излучателей, методы анализа плоских волн, распространяющихся в однородных средах; знает явления, возникающие на границе раздела сред, основные методы решения задач дифракции;
	Умеет	Умеет анализировать структуру электромагнитного поля в различных средах, излучаемого различными типами источников
	Владеет	Владеет методами расчета электромагнитного поля излучаемого различными источниками в неограниченном пространстве и на границе раздела сред
ПК-17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	Знает	Знает методы и средства компьютерного моделирования электромагнитных полей
	Умеет	Умеет построить картину поля в неограниченном пространстве и на границе сред при заданных источниках
	Владеет	Владеет методами моделирования и графического отображения электромагнитных полей в задачах распространения, отражения и преломления.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Электромагнитные поля и волны» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: проблемный, дискуссия.



# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18/8 час.)**

## **Раздел 1. Система уравнений электродинамики (7/2 часов).**

- 1.1 (0.5 часа). Введение. Векторы ЭМП.
- 1.2 (1.5 часа) Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.
- 1.3 (0.5 часа) Уравнения максвелла в интегральной форме.
- 1.4 (0.5 часа) Материальные уравнения (Классификация сред).
- 1.5 (0.5 часа) Источники ЭМП.
- 1.6 (1.5 часа) Уравнение баланса энергии ЭМП (Вектор Пойнтинга Плотность электромагнитной энергии).
- 1.7 (1 час) Метод комплексных амплитуд. Монохроматическое ЭМП (Уравнение баланса энергии для комплексных амплитуд, Вектор Пойнтинга в комплексной форме, Активная и реактивная мощность, Комплексная диэлектрическая проницаемость).
- 1.8 (0.5 часа) Уравнения Максвелла при наличии магнитных токов и зарядов (Принцип перестановочной двойственности).
- 1.9 (1 час) Электродинамические потенциалы для мгновенных значений поля. Волновые уравнения (Калибровка (условие) Лоренца).
- 1.10 (0.5 часа) Электродинамические потенциалы для комплексных амплитуд. Уравнения Гельмгольца. (Коэффициент распространения).

## **Раздел 2. Излучение электромагнитных волн в неограниченном пространстве. (7/4 часов)**

- 2.1 (0.5 часа) Постановка задач возбуждения поля.
- 2.2 (0.5 часа) Функция Грина (функция наведения) неограниченного трехмерного пространства
- 2.3 (0.5 часа) Точечные источники и уравнение для функции Грина
- 2.4 (1.5 часа) Линейные излучатели (Поле линейного излучателя на большом расстоянии, Характеристика направленности, Элементарный электрический вибратор, Характеристическое сопротивление среды)

2.5 (1 час) Сферическая волна (коэффициент фазы, коэффициент затухания (поглощения), фазовая скорость, групповая скорость, глубина проникновения поля в среду)

2.6 (2 часа) ЭМП бесконечного поверхностного распределения тока (Медленная волна, Волна листа синфазного тока, Быстрая волна, Поверхностное сопротивление, Волна листа магнитного тока, Т-, Е-, Н-волна)

2.7 (1 час) Наложение поля двух плоских листов тока. Поляризация (Вектор поляризации, Линейная поляризация, Круговая поляризация)

### **Раздел 3. Основные принципы и теоремы электродинамики (2/1 часа)**

3.1 (1 час) Граничные условия. Поле на границе раздела двух сред

3.2 Лемма Лоренца

3.3 Теорема эквивалентных поверхностных токов

3.4 Условия излучения (Условия излучения Зоммерфельда, Электромагнитные условия излучения).

3.5 Теорема взаимности

3.6 Теорема единственности решений уравнений Максвелла

(1 час) на 3.2-3.6

### **Раздел 4. Граничные задачи электродинамики. Дифракция электромагнитных волн (2/1 часа)**

4.1 Общая характеристика задач дифракции

4.2 Падение плоской волны на границу раздела двух сред

4.3 Законы Снеллиуса

4.3 Формулы Френеля

4.5 Полное преломление волн (угол Брюстера)

4.6 Полное отражение волн



## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (54/10 час.)**

### **Практические занятия (36/6 часов)**

**Из них МАО 18/4 час.**

#### **Занятие 1 (2 часа).**

Векторы электромагнитного поля. Ротор, дивергенция, градиент.

Уравнения Максвелла.

#### **Занятие 2 (4/2 часа - МАО).**

(Проблемное обучение) Энергия электромагнитного поля. Баланс мощности ЭМП.

#### **Занятие 3 (2 часа).**

Метод комплексных амплитуд.

#### **Занятие 4 (4/2 часа).**

Электродинамические потенциалы.

#### **Занятие 5 (4/2 часа - МАО).**

(Проблемное обучение) Электродинамические потенциалы для комплексных амплитуд.

#### **Занятие 6 (4 часа).**

Контрольная работа 1. Работа над ошибками (4 часа).

#### **Занятие 7,8 (2+4 часа).**

(Проблемное обучение) Поле в средах с малой и большой проводимостью.

#### **Занятие 9 (4 часа).**

(Проблемное обучение) Поле на границе раздела двух сред.

#### **Занятие 10 (2 часа).**

(Проблемное обучение) Поле на границе раздела двух сред.

#### **Занятие 11 (4 часа).**

(Проблемное обучение) Сферическая волна, условия излучения

#### **Занятие 12 (2 часа).**

Контрольная работа 2. (2 часа).

**Лабораторные работы (18/8 часов.) из них МАО 16/4 часов.**

**Занятие 1 (4 часа).**

(Пробл. обучение) Электромагнитное поле системы электрических зарядов.

**Занятие 2 (4 часа).**

(Пробл. обучение) Поглощение электромагнитных волн.

**Занятие 3 (4/4 часа).**

(Пробл. обучение) Электромагнитное поле плоского листа с током.

**Занятие 4 (4/4 часа).**

(Пробл. обучение) Отражение электромагнитных волн на границе раздела сред.

**Занятие 5 (2 часа).**

Защита лабораторных работ.

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Электромагнитные поля и волны» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Система уравнений электродинамики	ОПК-2, ПК-17	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-1 Тестирование, ПР-8 Портфолио
			умеет	УО-3 Доклад, ПР-2 Контрольная работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-2 Контрольная работа, ПР-6 Лабораторная работа	ПР-8 Портфолио
2	Излучение электромагнитных волн в неограниченном пространстве	ОПК-2, ПК-17	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-1 Тестирование, ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-2 Контрольная работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-6 Лабораторная	ПР-8 Портфолио

				работа	
3	Основные принципы и теоремы электродинамики	ОПК-2	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-1 Тестирование, ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-2 Контрольная работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-2 Контрольная работа	ПР-8 Портфолио
4	Граничные задачи электродинамики. Дифракция электромагнитных волн	ОПК-2, ПК-17	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-1 Тестирование, ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-2 Контрольная работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-6 Лабораторная работа	ПР-8 Портфолио

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

4. Боков Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Боков Л.А., Замотринский В.А., Мандель А.Е.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013.— 410 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72050.html>.— ЭБС «IPRbooks»

[http://www.iprbookshop.ru/5748&book\\_id=72050](http://www.iprbookshop.ru/5748&book_id=72050)

5. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50680>. — Загл. с экрана.

<https://e.lanbook.com/reader/book/50680/>

6. Савельев, И.В. Основы теоретической физики (в 2 тт.). Том 1. Механика. Электродинамика [Электронный ресурс] : учебник / И.В. Савельев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 496 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/104956>. — Загл. с экрана.

<https://e.lanbook.com/reader/book/104956/>

### **Дополнительная литература**

1. Крамм, М.Н. Сборник задач по основам электродинамики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Н. Крамм. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1541>. — Загл. с экрана.

<https://e.lanbook.com/reader/book/1541/>

2. Аплеснин, С.С. Основы электродинамики. Теория, задачи и тесты [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.С. Аплеснин, Л.И. Чернышова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 576 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87725>. — Загл. с экрана.

<https://e.lanbook.com/reader/book/87725/>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Научная библиотека ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/>
2. eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека  
<http://elibrary.ru/defaultx.asp>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

1. Моноблоки Lenovo C360G-I34164G500UDK, подключенные к общекорпоративной компьютерной сети ДВФУ и сети Интернет

2. Мультимедийная (презентационная) система. Проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic, экран 316x500 см, 16:10 с электрическим приводом, крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta
3. Операционная система Windows 7
4. Интегрированный пакет прикладных программ Microsoft Office 2010
5. Математический пакет Matlab R2012, Scilab 5.5

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для изучения дисциплины «Электромагнитные поля и волны» обучающемуся предлагаются лекционные, практические занятия и лабораторный практикум. Обязательным элементом является также самостоятельная работа. Из 108 общих учебных часов 36 часов отводится на самостоятельную работу студента. В рамках часов, выделенных на самостоятельную работу, студент должен производить подготовку к рейтинговым и зачетным проверкам, а также изучать темы, отведенные преподавателем на самостоятельное изучение. Помимо различных методических указаний и списка рекомендуемой литературы обучающийся должен обсуждать возникающие у него вопросы на консультациях, назначаемых преподавателем.

Примерное распределение часов самостоятельной работы, которые студент должен отводить на тот или иной вид занятий: закрепление лекционного материала – 6ч., подготовка к практическим занятиям – 6ч., самостоятельное изучение темы «Условия излучения» – 4 ч., подготовка к лабораторным работам – 12ч., подготовка к зачету – 8 ч. Тем не менее, учитывая особенности каждого студента, указанные часы могут варьироваться.

Дисциплину рекомендуется изучать по плану занятий. Обучающийся должен своевременно выполнять задания, выданные на практических занятиях, текущие лабораторные работы и защищать их во время занятий или на консультации.

При подготовке к лекциям обучающийся изучает план лекционного материала, рекомендованную и дополнительную литературу.

В рамках практической работы предусмотрена контрольная работа по вариантам.

Каждая лабораторная работа рассчитана на несколько аудиторных часов. Поскольку выполнение лабораторных работ опирается на лекционный

материал, в курсе выбрано неравномерное распределение лабораторных работ по рейтинговым блокам. В первом рейтинговом блоке студент должен подготовить 2 лабораторные работы, во втором – 2. Таким образом, студент должен сдать соответственно:

- к концу первого рейтингового блока 1 и 2 лабораторные работы;
- к концу второго рейтингового блока 3, 4, лабораторные работы.

Для каждой лабораторной работы приведены контрольные вопросы. Эти вопросы предназначены для самостоятельного оценивания обучающихся по результатам выполнения работ. Для подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам требуется изучение лекционного материала, уверенное знание ответов на контрольные вопросы для закрепления материала. Для выполнения лабораторных работ и подготовки их к сдаче возможно использовать в качестве вспомогательной литературы методические указания по выполнению лабораторных работ.

К зачету обучающийся должен отчитаться по всем лабораторным занятиям. Темы, рассмотренные на лекционных занятиях, но не отраженные в лабораторных работах закрепляются обучающимся во время самостоятельной работы.

При подготовке к зачету необходимо повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посещать консультации. Зачет проставляется по результатам рейтинга и итогового теста.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Мультимедийная аудитория:

Проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м<sup>2</sup>, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS).





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДВФУ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Электромагнитные поля и волны»

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи

Форма подготовки очная/заочная

**Владивосток**

**2017**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	8 и 16 недели семестра	Закрепление лекционного материала	6	Проверка конспектов
2	В течение семестра	Подготовка к практическим занятиям	18	Опрос
3	12-14 неделя семестра	Самостоятельное рассмотрение темы «Условия излучения»	10	Конспект, опрос
4	В течение семестра	Подготовка к лабораторным работам	20	Опрос, защита лабораторных работ
4	В течение семестра	Подготовка к зачету	18	зачет, представление портфолио

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Успешное освоение дисциплины основывается на систематической повседневной работе обучающегося. Самостоятельная работа предполагает работу с литературой, нормативными документами, интернет-ресурсами, предложенными преподавателем, а также посещение консультаций, проводимых преподавателем. Систематизация материала может проводиться в виде конспектов, рефератов, табличном варианте и другими способами, удобными для обучающегося.

### Методические указания к написанию конспекта

Конспект может быть выполнен в печатной или письменной форме.

Основные требования к конспекту:

1. Тема изучаемого материала,
2. Запись основных понятий, определений, закономерностей, формул,

и т.д.,

3. Заключение по пройденному материалу,
4. Список использованных источников.

Конспекты дополняются материалами, полученными при проработке дополнительной литературы.

### **Методические указания к выполнению лабораторной работы**

Лабораторная работа – вид учебного занятия, направленный на углубление и закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков. Лабораторные работы являются неотъемлемой частью изучения дисциплины «Информационные технологии в инфокоммуникациях».

Для каждой лабораторной работы разработаны методические указания, в которых приведены: цель работы, содержание работы, защита работы, варианты заданий, контрольные вопросы, требования к отчету.

Защита лабораторных работ проводится в начале следующего за защищаемой лабораторной работой занятия или на консультациях. Несвоевременная защита снижает итоговый рейтинговый бал.

### **Методические указания по подготовке к зачету**

Обучающийся должен своевременно выполнять задания, выданные на практических занятиях, текущие лабораторные работы и защищать их во время занятий или на консультации.

В первом рейтинговом блоке студент должен подготовить 2 лабораторные работы, во втором – 2. Таким образом, студент должен сдать соответственно:

- к концу первого рейтингового блока 1 и 2 лабораторные работы;
- к концу второго рейтингового блока 3, 4 лабораторные работы.

Для каждой лабораторной работы приведены контрольные вопросы. Эти вопросы предназначены для самостоятельного оценивания обучающихся по результатам выполнения работ. Для подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам требуется изучение лекционного материала, уверенное знание ответов на контрольные вопросы для закрепления материала. Для выполнения лабораторных работ и подготовки их к сдаче возможно использовать в качестве вспомогательной литературы методические указания по выполнению лабораторных работ.

При подготовке к зачету необходимо и повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посетить консультации. Зачет проставляется по результатам рейтинга. Для положительной оценки необходимо набрать не менее 61 балла.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами и приемами компьютерного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств;
- качество оформления отчета о проделанной работе, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;
- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников сети Интернет, информации нормативно-правового характера и передовой практики;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДВФУ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Электромагнитные поля и волны»**  
**Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии**  
**и системы связи**  
**Форма подготовки очная/заочная**

**Владивосток**  
**2017**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
	ОПК-2 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением инфокоммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Знает
Умеет		Умеет анализировать структуру электромагнитного поля в различных средах, излучаемого различными типами источников
Владеет		Владеет методами расчета электромагнитного поля излучаемого различными источниками в неограниченном пространстве и на границе раздела сред
ПК-17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	Знает	Знает методы и средства компьютерного моделирования электромагнитных полей
	Умеет	Умеет построить картину поля в неограниченном пространстве и на границе сред при заданных источниках
	Владеет	Владеет методами моделирования и графического отображения электромагнитных полей в задачах распространения, отражения и преломления.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Система уравнений электродинамики	ОПК-2, ПК-17	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-1 Тестирование ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-2 Контр. Работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-2 Контр. работа, ПР-6 Лабораторная	ПР-8 Портфолио

				работа	
2	Излучение электромагнитных волн в неограниченном пространстве	ОПК-2, ПК-17	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-1 Тестирование ,ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-2 Контрольная работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-6 Лабораторная работа	ПР-8 Портфолио
3	Основные принципы и теоремы электродинамики	ОПК-2	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-1 Тестирование ,ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-2 Контрольная работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-2 Контрольная работа	ПР-8 Портфолио
4	Граничные задачи электродинамики. Дифракция электромагнитных волн	ОПК-2, ПК-17	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-1 Тестирование ,ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-2 Контрольная работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-6 Лабораторная работа	ПР-8 Портфолио



## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
<p>ОПК-2                      способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением инфокоммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<p>Знает основные уравнения, описывающие электромагнитное поле, энергетические соотношения и физические процессы, происходящие в нем; знает методы исследования элементарных излучателей, методы анализа плоских волн, распространяющихся в однородных средах; знает явления, возникающие на границе раздела сред, основные методы решения задач дифракции;</p>	<p>Знает уравнения Максвелла, материальные уравнения, энергетические соотношения электромагнитного поля, метод комплексных амплитуд, поле на границе сред. Поле плоского и сферического излучателя.</p>	<p>Знает вектора электромагнитного поля, уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме, уравнения Умова-Пойнтинга, классификацию сред с точки зрения электродинамики, метод комплексных амплитуд, уравнения Максвелла для монохроматического поля, приближение ближней и дальней зоны для сферического и плоского излучателя, граничные условия, формулы Френеля и Снеллиуса, условия излучения.</p>	<p>61-75</p>

	умеет (продвинутый)	Умеет анализировать структуру электромагнитного поля в различных средах, излучаемого различными типами источников	Умеет определять поле источника в неограниченном пространстве и при распространении в среде	Умеет определять поле плоского и сферического излучателя на расстоянии в заданном направлении, умеет определять затухание поля в поглощающей среде	76-85
	владеет (высокий)	Владеет методами расчета электромагнитного поля излучаемого различными источниками в неограниченном пространстве и на границе раздела сред			86-100
ПК-17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	знает (пороговый уровень)	Знает методы и средства компьютерного моделирования электромагнитных полей	Знает методы и средства компьютерного моделирования электромагнитных полей	Знает основные подходы моделирования электромагнитного поля, методы применяемые в них	61-75
	умеет (продвинутый)	Умеет построить картину поля в неограниченном пространстве и на границе сред при заданных источниках	Умеет построить картину потенциала и напряженности поля при заданных условиях	Умеет рассчитать и построить картину эквипотенциальных поверхностей (кривых) потенциала поля, картину силовых линий напряженности поля, бегущую волну плоского источника, отражения и преломления на границе сред	76-85

	владеет (высокий)	Владеет методами моделирования и графического отображение электромагнитных полей в задачах распространения, отражения и преломления.	Владеет пакетами компьютерного моделирования	Владеет методами постановки задачи, расчёта и отображения полей заданных источников в проводящих и диэлектрических средах с использованием компьютерного моделирования	86-100
--	-------------------	--	--	--	--------

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

#### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация обучающихся является обязательной. Для получения положительной оценки на зачете необходимо набрать соответствующее количество баллов рейтинговой системы – сформировать свое Портфолио, которое состоит из результатов заданий и работ оценочных средств текущей аттестации.

#### **Портфолио**

по дисциплине «Информационные технологии в инфокоммуникациях»

##### **1 Название портфолио**

##### **2 Структура портфолио:**

- 2.1 результаты контрольной работы в семестре; работа над ошибками контрольной.
- 2.2 конспект темы «условия излучения»;
- 2.3 лабораторные работы (каждая работа отдельным файлом).
- 2.4 результаты итогового теста

#### **Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине «Информационные технологии в инфокоммуникациях»**

Баллы (рейтинго)	Оценка экзамена	Требования к сформированным компетенциям
------------------	-----------------	--

вой оценки)	(стандартная)	
100-85	«зачтено»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, чётко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причём не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приёмами выполнения практических задач.
85-76	«зачтено»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приёмами их выполнения.
75-61	«зачтено»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
60-50	«не зачтено»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### Пример итогового теста на минимальное освоение дисциплины

1. При горизонтальной поляризации вектор электрической напряженности волны:

параллелен границе раздела

перпендикулярен границе раздела

лежит в плоскости падения

перпендикулярен плоскости падения

2.  $D(\vec{r}, t) = \varepsilon_0 \varepsilon(t) E(\vec{r}, t)$ . Какая это среда?

Нелинейная, нестационарная, неоднородная

Линейная, нестационарная, однородная

Линейная, стационарная, неоднородная

Линейная, стационарная, однородная

3. В дальней зоне поле элементарного электрического вибратора представляет собой...

Неоднородную сферическую Т-волну

Однородную сферическую Т-волну

Неоднородную цилиндрическую Т-волну

Однородную цилиндрическую Т-волну

4. Электромагнитная волна, не имеющая продольных составляющих называется...

Е-волна

Т-волна

Н-волна

ЕН-волна

5. Касательная к поверхности составляющая вектора магнитной напряженности на поверхности раздела сред (при отсутствии магнитных токов и зарядов)

терпит разрыв, численно равный плотности поверхностного тока

терпит разрыв, численно равный плотности поверхностного заряда

терпит разрыв, численно равный плотности тока смещения

непрерывна

6. Какому процессу соответствует слагаемое  $\int_V \frac{\vec{j}^2}{\sigma} dv$  в уравнении баланса

$$\text{энергии } \int_V \vec{j} \vec{E}^{cm} dv = \int_V \left( \vec{H} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} + \vec{E} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) dv + \int_V \frac{\vec{j}^2}{\sigma} dv + \oint_S [\vec{E}, \vec{H}] d\vec{S} ?$$

поглощение энергии из внешней среды

излучение энергии во внешнюю среду

потери энергии в системе на нагревание среды

изменение запаса энергии в системе

7. Уравнение Гельмгольца...

$$\nabla^2 \dot{\vec{A}} + k^2 \dot{\vec{A}} = -\dot{\vec{j}}^{cm}$$

$$\nabla^2 \vec{A} + k^2 \vec{A} = \vec{j}^{cm}$$

$$\nabla^2 \vec{A} - \varepsilon_a \mu_a \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} - \sigma \mu_a \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = -\vec{j}^{cm}$$

$$\nabla^2 \vec{A} - \varepsilon_a \mu_a \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} - \sigma \mu_a \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = \vec{j}^{cm}$$

8. Уравнение фронта плоской волны распространяющейся в сторону увеличения  $y$

$$\cos(\omega t - ky) = const$$

$$\cos(\omega t + ky) = const$$

$$\cos(\omega t + kr) = const$$

$$\cos(\omega t - kr) = const$$

9. Лист поверхностного электрического тока  $\vec{J}^{cm} = \vec{x}_0 J_0 e^{-i\beta_0 x}$  при условии  $\beta_0 > \beta$  излучает...

Быструю волну под углом к листу

Медленную поверхностную волну

Быструю поверхностную волну

Волну перпендикулярно листу

10. Энергия магнитного поля в системе определяется как...

$$\int_V \vec{E} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} dv$$

$$\int_V \vec{H} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} dv$$

$$\int_V \frac{\partial \vec{E}^2}{\partial t} dv$$

$$\int_V \left( \frac{\partial \vec{H}^2}{\partial t} \right) dv$$

11. Волна распространяющаяся на бесконечности должна быть...

Продольной

Поперечной

Стоячей

Плоской

12. Для неидеального диэлектрика справедливо соотношение...

$$\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \gg 1$$

$$\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \ll 1$$

$$\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} = 0$$

$$\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \rightarrow \infty$$

13. Решением уравнения Гельмгольца с единичным точечным зарядом в однородной, изотропной неограниченной среде является...

Функция Дирака

Дельта-функция

Функция Грина

Волновая функция

14. Уравнение волны  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$ , где  $\vec{E}_0 = f(y)$ . Это - ...

Однородная расходящаяся сферическая волна

Неоднородная расходящаяся сферическая волна

- Однородная плоская волна, движущаяся в сторону увеличения  $x$
- Однородная плоская волна, движущаяся в сторону уменьшения  $x$
- Неоднородная плоская волна, движущаяся в сторону уменьшения  $x$
- Неоднородная плоская волна, движущаяся в сторону увеличения  $x$

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

#### **Перечень дискуссионных тем для дискуссии по дисциплине «Электромагнитные поля и волны»**

1. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме
2. Классификация и виды сред. Материальные уравнения
3. Граничные условия для нормальной и касательной составляющих векторов ЭМП
4. Уравнение баланса для мгновенных значений мощности в дифференциальной и интегральной форме
5. Уравнения баланса для активной и реактивной мощностей
6. Электродинамические потенциалы
7. Поле элементарного электрического излучателя в дальней зоне
8. Поляризация волн
9. Плоские волны в среде с потерями. Коэффициент фазы и ослабления. Дисперсия.
10. Падение плоской волны на границу раздела сред. Формулы Френеля.

Критерии оценки:

✓ 100-85 баллов выставляется студенту, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений,



процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 баллов выставляется студенту, если оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Комплект лабораторных работ**

по дисциплине «Электромагнитные поля и волны»

Лабораторная работа №1. Электромагнитное поле системы электрических зарядов.

Лабораторная работа №2. Поглощение электромагнитных волн.

Лабораторная работа №3. Электромагнитное поле плоского листа с током.

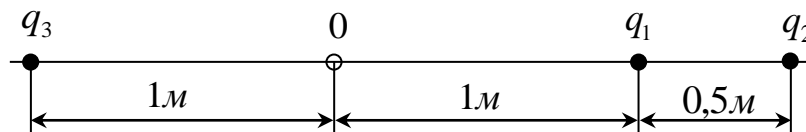
Лабораторная работа №4. Отражение электромагнитных волн на границе раздела сред

## Примерные задачи на контрольную работу:

Конкретные значения величин, входящих в условия по вариантам (как и количество вариантов) могут меняться и определяются преподавателем.

1. На одной прямой в вакууме расположены три точечных заряда:  $q_3 = 1 \text{ мкКл}$ ,  $q_1 = 23 \text{ мкКл}$ ,  $q_2 = 5 \text{ мкКл}$ .

Определите напряженность электростатического поля в точке 0.



2. Определите напряженность электрического поля в вакууме во внутренней и внешней областях равномерно заряженной сферы радиусом  $a$  с объемной плотностью заряда  $\rho$ .

3. Грозовая туча, имеющая площадь  $S = 5 \text{ км}^2$ , располагается на высоте  $l = 2 \text{ км}$  над поверхностью Земли. Между тучей и землей образуется постоянное электрическое поле с одинаковой во всех точках напряженностью  $E = 200 \text{ кВ/м}$ . Оцените энергию поля.

- 3(вариант) Сердечник трансформатора выполнен из стали с плотностью  $\rho_m = 7,7 \text{ г/см}^3$  и имеет массу  $m_m = 2 \text{ кг}$ . Амплитудное значение магнитной индукции  $B = 2,1 \text{ Тл}$ , относительная магнитная проницаемость стали  $\mu = 200$ .

4. Определите материал проводника диаметром  $d = 0,6 \text{ мм}$ , если при протекании по нему тока  $I = 1,5 \text{ А}$  в нем возникает электрическое поле с напряженностью  $E = 91 \text{ мВ/м}$

5. Определите во сколько раз уменьшится амплитуда напряженности поля волны с частотой  $f$  на глубине  $l$  при распространении в заданной среде.

- 5 (вариант) Определить глубину проникновения поля в заданную среду на частоте  $f$ . Определите длину этой волны и скорость её распространения в этой среде.

**Примерные задачи на контрольную работу для заочной формы  
обучения:**

**Вариант задания определяется по последней цифре номера зачетной книжки.**

1, Для кристаллического кварца компоненты тензора диэлектрической проницаемости  $\varepsilon_{xx} = \varepsilon_{yy} = 4,55$  и  $\varepsilon_{zz} = 4,49$ , а прочие компоненты  $\hat{\varepsilon}$  равны нулю. При каких направлениях векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{D}$  сохраняют параллельность

*Общее задание для всех вариантов*

2. Грозовая туча, имеющая площадь  $S$ , располагается на высоте  $l$  над поверхностью Земли. Между тучей и землей образуется постоянное электрическое поле с одинаковой во всех точках напряженностью  $E$ .

Оцените энергию поля.

Вариант №	$S, \text{ км}^2$	$l, \text{ км}$	$E, \text{ кВ/м}$
1	7	3	220
2	6	3	150
3	4	2	250
4	5	3,5	270
5	2	2,5	235
6	4	3	170
7	7	3	180
8	6	3,5	150
9	7	2	190
0	4	3	210

3. Сердечник трансформатора выполнен из стали с плотностью  $\rho_m$  и имеет массу  $m_m$ . Амплитудное значение магнитной индукции  $B$ , относительная магнитная проницаемость стали  $\mu$ .

Найти максимальное значение энергии, запасаемой в сердечнике, при намагничивании его синусоидальным током.

Вариант	$\rho_m, \text{г/см}^3$	$m_m, \text{кг}$	$B, \text{Тл}$	$\mu$
1	7,9	3	1,9	190
2	7,75	2,5	2,3	210
3	7,65	2,1	2,5	205
4	7,6	2,9	1,5	175
5	7,8	1,5	1,7	180
6	7,7	1,75	1,9	195
7	7,8	1,8	1,8	205
8	7,75	1,9	1,9	215
9	7,65	2,6	2,15	205
0	7,8	1,6	2,25	195

4. Определить плотность потока мощности в среде с параметрами  $\varepsilon, \mu, \sigma$ , если действующее значение напряженности магнитного поля составляет  $H_d$  на частоте  $f$ .

Вариант	$\varepsilon$	$\mu$	$\sigma, \text{См/м}$	$H_d, \text{мкА/м}$	$f, \text{Гц}$
1	4	1	$1,1 \cdot 10^{-5}$	3,5	$3 \cdot 10^6$
2	80	1	$2 \cdot 10^{-3}$	2,5	$4 \cdot 10^4$
3	2,1	1	$2 \cdot 10^{-3}$	5,5	$2 \cdot 10^5$
4	7,5	1	$2 \cdot 10^{-3}$	2,7	$2 \cdot 10^6$
5	2,6	1	$2 \cdot 10^{-3}$	1,9	$3 \cdot 10^5$
6	2,55	1	$2 \cdot 10^{-3}$	3,7	$4 \cdot 10^6$
7	7	1	$2 \cdot 10^{-3}$	4,5	$6,4 \cdot 10^5$
8	78	1	$2 \cdot 10^{-3}$	6,5	$1,1 \cdot 10^5$
9	64	1	$2 \cdot 10^{-3}$	7,1	$5 \cdot 10^4$
0	35	1	$2 \cdot 10^{-3}$	6,7	$6,5 \cdot 10^6$

5. Определите материал проводника диаметром  $d$ , если при протекании по нему тока  $I$  в нем возникает электрическое поле с напряженностью  $E$ .

Вариант	$E, \text{ мВ/м}$	$I, \text{ А}$	$d, \text{ мм}$
1	51,4	1,5	0,8
2	331	2,5	0,98
3	80,3	2,7	1,1
4	402	6,6	1,2
5	44,8	4	1,4
6	274	5,5	1,6
7	91	8,2	1,8
8	332	20	2,3
9	96,5	45	3,2
0	97,7	55	4,5

6. Определите во сколько раз уменьшится амплитуда напряженности поля волны с частотой  $f$  на глубине  $l$  при распространении в заданной среде.

Вариант №	$f, \text{ Гц}$	$l, \text{ м}$	среда
1	$4 \cdot 10^7$	0,2	Железо
2	$6,4 \cdot 10^5$	0,5	Парафин
3	$1,1 \cdot 10^5$	7,1	Стекло
4	$5 \cdot 10^4$	6,5	Бумага
5	$6,5 \cdot 10^6$	4,3	Полистирол
6	$4 \cdot 10^6$	2,1	Слюда
7	$4,1 \cdot 10^4$	8,1	Бумага
8	$2,5 \cdot 10^5$	4,2	Полистирол
9	$2 \cdot 10^6$	0,9	Медь
0	$3 \cdot 10^5$	5,1	Стекло

7. Определить глубину проникновения поля в заданную среду на частоте  $f$ .  
 Определите длину этой волны и скорость её распространения в этой среде.

Вариант №	$f, \text{Гц}$	среда
1	$4 \cdot 10^7$	Железо
2	$6,4 \cdot 10^5$	Парафин
3	$1,1 \cdot 10^5$	Стекло
4	$5 \cdot 10^4$	Бумага
5	$6,5 \cdot 10^6$	Полистирол
6	$4 \cdot 10^6$	Слюда
7	$4,1 \cdot 10^4$	Бумага
8	$2,5 \cdot 10^5$	Полистирол
9	$2 \cdot 10^6$	Медь
0	$3 \cdot 10^5$	Стекло

### Параметры распространенных веществ

Вещество	$f, \text{Гц}$	$\varepsilon$	$\delta, \text{См/м}$
Воздух	$0 - 3 \cdot 10^{10}$	1,000536	-
Парафин	$10^3$	2,1	$10^{-14}$
Стекло	$10^3 - 10^5$	7,5	$2 \cdot 10^{-10}$
Бумага	$10^3$	2,6	$10^{-10}$
Полистирол	$10^6 - 10^8$	2,55	$10^{-15}$
Слюда	$10^3 - 10^6$	7	$10^{-11} - 10^{-15}$
Титанат бария	-	1200	-
Вода	0	81,1	-
Вода	$10^6 - 10^9$	80	-
Вода	$3 \cdot 10^9$	78	-

Вода	$10^{10}$	64	-
Вода	$2,4 \cdot 10^{10}$	35	-
Вода пресная (природная)	-	80	$10^{-3} - 2,4 \cdot 10^{-2}$
Вода морская	-	80	1–4,3
Земля сухая	-	3–6	$1,1 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$
Земля влажная	0	10–30	$3 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-2}$
Серебро	-	-	$6,139 \cdot 10^7$
Медь	-	-	$5,8005 \cdot 10^7$
Алюминий	-	-	$3,54 \cdot 10^7$
Латунь	-	-	$1,45 \cdot 10^7$
Железо	-	-	$1,0 \cdot 10^7$
Олово	-	-	$0,869 \cdot 10^7$
Свинец	-	-	$0,48 \cdot 10^7$
Ртуть	-	-	$0,1044 \cdot 10^7$