

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника**

**Наименование образовательной программы: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Электродинамика**

**Москва  
2021**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крамм М.Н.
	Идентификатор	R07fd3885-KrammMN-8d6314d0

(подпись)


М.Н. Крамм

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18

(подпись)


П.С.

Остапенков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сафин А.Р.
	Идентификатор	Rdaf18b6c-SafinAR-8ed43814

(подпись)

А.Р. Сафин

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

ИД-2 Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

2. ОПК-2 способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

ИД-2 Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Лабораторные практикумы № 4: защита лабораторных работ (Коллоквиум)

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита индивидуального домашнего задания по излучателям (Решение задач)

2. Контрольная работа по теме «Волноводы» (Контрольная работа)

3. Контрольная работа по теме «Отражение и преломление плоских волн» (Контрольная работа)

4. Контрольная работа по теме «Плоские волны» (Контрольная работа)

5. Контрольная работа по теме «Резонаторы» (Контрольная работа)

6. Тест по теме «Уравнения Максвелла» (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Защита расчетного задания. Ч.1 "Плоские волны" (Интервью)

2. Защита расчетного задания. Ч.3 "Волноводы" (Интервью)

3. Лабораторные практикумы № 3: защита лабораторных работ (Интервью)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Защита расчетного задания. Ч.2 "Отражение и преломление плоских волн" (Интервью)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Лабораторные практикумы № 1-2: защита лабораторных работ (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

4 семестр

Раздел дисциплин	Веса контрольных мероприятий, %												
	Индек	КМ	КМ	КМ	КМ	КМ	КМ	КМ	КМ	КМ	КМ	КМ	КМ

ы	с КМ:	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
	Срок КМ:	4	7	8	8	9	10	12	13	15	15	16	16
Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия													
Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия	+												
Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах													
Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах			+	+	+								
Падение плоских волн на границу раздела сред													
Падение плоских волн на границу раздела сред				+		+	+						
Направляемые волны. Волноводы													
Направляемые волны. Волноводы								+	+		+		+
Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы													
Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы								+		+			
Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели													
Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели				+								+	
Вес КМ:		8	8	8	9	8	9	8	8	8	10	8	8

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-1	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Знать: – методы анализа объемных резонаторов; – приемы расчета характеристик направляемых волн в волноводах быстрых волн и методы анализа полых металлических волноводов;; – методы анализа параметров отраженных и преломленных волн при наличии границы раздела сред; – способы расчета параметров плоских волн и методы анализа плоских волн; – систему уравнений классической электродинамики, приемы описания электромагнитного поля и граничных условий;	Тест по теме «Уравнения Максвелла» (Тестирование) Контрольная работа по теме «Плоские волны» (Контрольная работа) Защита расчетного задания. Ч.1 "Плоские волны" (Интервью) Контрольная работа по теме «Отражение и преломление плоских волн» (Контрольная работа) Защита расчетного задания. Ч.2 "Отражение и преломление плоских волн" (Интервью) Контрольная работа по теме «Волноводы» (Контрольная работа) Контрольная работа по теме «Резонаторы» (Контрольная работа) Защита расчетного задания. Ч.3 "Волноводы" (Интервью) Защита индивидуального домашнего задания по излучателям (Решение задач)

		<p>– методы расчета характеристик поля, возбуждаемого элементарными излучателями;</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать граничные условия;</li> <li>– анализировать характеристики электромагнитного поля и</li> <li>– анализировать поля, возбуждаемые элементарными излучателями</li> <li>– рассчитывать характеристики объемных резонаторов;</li> <li>– рассчитывать характеристики полых металлических волноводов;</li> <li>– анализировать процессы отражения и преломления электромагнитных волн при наличии границы раздела сред;</li> <li>– рассчитывать характеристики плоских волн;</li> </ul>	
ОПК-2	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит	Знать: – приемы обработки и анализа	Лабораторные практикумы № 1-2: защита лабораторных работ (Коллоквиум) Лабораторные практикумы № 3: защита лабораторных работ

	<p>экспериментальные исследования</p>	<p>экспериментальных данных при исследовании электромагнитных полей  Уметь:  – проводить экспериментальные исследования отраженных и преломленных волн при наличии границы раздела сред;  – проводить экспериментальные исследования характеристик прямоугольных волноводов и волноводов медленных волн;;  – проводить экспериментальные исследования характеристик объемных резонаторов;  – проводить экспериментальные исследования поля элементарных излучателей электромагнитных волн;  – проводить экспериментальные исследования волн в намагниченном феррите</p>	<p>(Интервью)  Лабораторные практикумы № 4: защита лабораторных работ  (Коллоквиум)</p>
--	---------------------------------------	---	---

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Тест по теме «Уравнения Максвелла»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 8

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование проводится на практическом занятии в письменном виде, необходимо ответить на вопросы в билетах.

#### Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы по билету

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: – систему уравнений классической электродинамики, приемы описания электромагнитного поля и граничных условий;</p>	<p>1. Средняя мощность, передаваемая от источников электромагнитному полю в некотором объеме, равна 0,5 Вт. Средняя мощность тепловых потерь 0,1 Вт. Какая мощность переносится волнами через поверхность, ограничивающую данный объем?</p> <p>2. В некоторый момент времени даны векторы поля</p> $\vec{E} = 2 \cdot \vec{1}_y \text{ В / м}; \vec{H} = 20 \cdot \vec{1}_z \text{ мА / м}$ <p>. Найдите вектор Пойнтинга.</p> <p>3. Найдите плотность тока смещения в вакууме, если амплитуда колебаний вектора напряженности электрического поля равна 1 В/м, а частота равна 1 ГГц.</p>
<p>Уметь: - использовать граничные условия;</p>	<p>1. В проводе диаметром 2 мм протекает электрический ток с плотностью 1А/мм<sup>2</sup>. Найдите циркуляцию вектора напряженности магнитного поля по окружности, совпадающей с контуром поперечного сечения провода.</p>
<p>Уметь: – анализировать характеристики электромагнитного поля и</p>	<p>1. Точечный электрический заряд 1 нКл находится в вакууме. Найдите поток вектора напряженности электрического поля через поверхность сферы, окружающей данный заряд.</p> <p>2. Циркуляция вектора напряженности электрического поля по контуру кругового проволочного витка радиусом 20 см равна 1 мВ (это фактически ЭДС индукции в витке). Найдите амплитуду колебаний вектора магнитной индукции, перпендикулярного плоскости витка, если частота колебаний 100 МГц.</p>

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности



Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, имеются ошибки непринципиального характера

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки

## КМ-2. Контрольная работа по теме «Плоские волны»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 8

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа выполняется в письменной форме на практическом занятии. Необходимо выполнить задание по билету.

### Краткое содержание задания:

Приведите решение и ответы на вопросы по билету

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: – способы расчета параметров плоских волн и методы анализа плоских волн;</p>	<p>1. Даны характеристики плоской волны</p> $\beta = 100 \text{ 1/м}$ $f = 2,5 \text{ ГГц} \quad Z_c = 150 \cdot e^{j15^\circ} \text{ Ом}$ <p>Необходимо найти угол потерь, его тангенс, коэффициент ослабления, длину волны, фазовую скорость</p> <p>2. Плоская волна с частотой, равной 3 ГГц, распространяется в среде без потерь с диэлектрической проницаемостью, равной 20 и магнитной проницаемостью, равной 1. Определите длину волны и фазовую скорость волны.</p> <p>3. Плоская волна с линейной поляризацией и с частотой, равной 10 ГГц, распространяется в среде без потерь с диэлектрической проницаемостью, равной 20 и магнитной проницаемостью, равной 1. В начале координат амплитуда колебаний вектора <math>\vec{E}</math> равна 2 В/м. Определите амплитуду вектора <math>\vec{H}</math> в начале координат.</p>
<p>Уметь: – рассчитывать характеристики плоских волн;</p>	<p>1. Плоская волна распространяется вдоль оси <math>x</math>, причем</p> $\beta = 100 \text{ 1/м}$ $f = 2,5 \text{ ГГц} \quad Z_c = 150 \cdot e^{j15^\circ} \text{ Ом}$ $\vec{E}_0 = 2e^{j40^\circ} \vec{1}_x \text{ В/м}$ <p>Необходимо: а) Записать выражения для комплексных амплитуд и мгновенных значений векторов <math>\vec{E}</math> и <math>\vec{H}</math>, а также для вектора Пойнтинга - все</p>

	<p>как функции от <math>x</math>; б) Найти погонное затухание и глубину проникновения.</p> <p>2. Амплитуда вектора <math>\mathbf{H}</math> в плоской электромагнитной волне для некоторой точки пространства равна 20 мА/м. Частота колебаний 1,5 ГГц. Волна распространяется в среде с относительными проницаемостями <math>\epsilon = 2</math>; <math>\mu = 1</math> и удельной проводимостью 0,15 См/м. Найдите средняя плотность потока мощности в данной точке.</p> <p>3. Плоская электромагнитная волна с частотой 40 МГц распространяется в бесстолкновительной плазме с электронной концентрацией, равной</p> <p style="text-align: center;"><math>6 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}</math></p> <p>Определите фазовую скорость, групповую скорость и длину волны. Коэффициент пропорциональности между циклической плазменной частотой и квадратным корнем из <math>N_e</math> равен 8,979</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено, имеются ошибки принципиального характера

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки

**КМ-3. Лабораторные практикумы № 1-2: защита лабораторных работ**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 8

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Допуск к выполнению, выполнение лабораторных работ, оформление отчета, защита работ в форме коллоквиума

**Краткое содержание задания:**

Продемонстрируйте выполнение домашней подготовки к работе, оформленный отчет с выводами и защитите работу в форме коллоквиума.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь:	–	проводить	1. Объясните, как в работе измеряется угол поворота
--------	---	-----------	---

экспериментальные исследования волн в намагниченном феррите	плоскости поляризации волны и от каких факторов этот угол зависит.
Уметь: – проводить экспериментальные исследования отраженных и преломленных волн при наличии границы раздела сред;	1. Плоская волна нормально падает из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью, равной 9 на границу раздела с воздухом. Определите амплитуду вектора $\mathbf{H}$ и среднее значение вектора Пойнтинга в отраженной волне, если амплитуда вектора $\mathbf{E}$ в падающей волне равна 1 В/м
Уметь: – проводить экспериментальные исследования поля элементарных излучателей электромагнитных волн;	1. Проанализируйте, чем условия существования электромагнитного поля в нашей лабораторной установке при исследовании элементарного излучателя отличаются от условий, принятых в теории. К какому отличию экспериментальных и расчетных данных это может привести?

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, имеются ошибки не принципиального характера*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки*

#### КМ-4. Защита расчетного задания. Ч.1 "Плоские волны"

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Интервью

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 9

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к защите должно быть принято расчетно-графическое задание "Плоские волны", студенту задаются вопросы в формате интервью.

#### Краткое содержание задания:

Ответьте на поясняющие вопросы

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: – способы расчета параметров плоских волн и методы анализа плоских волн;	1. Когда можно применять приближенные формулы для среды с малыми потерями? 2. Как записать коэффициент ослабления для металлоподобной среды? 3. Как перейти от проекции вектора $\mathbf{E}$ к проекции вектора $\mathbf{H}$ в плоской волне и как определить знак при этом переходе?
Уметь: – рассчитывать	1. Как определить ослабление амплитуды волны на

характеристики плоских волн;	расстоянии, равном длине волны? 2.Объясните направление сдвига между мгновенными распределениями вектора $E$ и вектора $H$ : а) по координате; б) по времени 3.Как найти амплитуду колебаний вектора $E$ в среде с потерями, зная среднее значение вектора Пойнтинга ?.
------------------------------	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: РГР выполнена полностью, имеются мелкие неточности, на уточняющие вопросы получены исчерпывающие ответы*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: РГР выполнена, имеются ошибки не принципиального характера, на уточняющие вопросы получены ответы*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: РГР выполнена частично, допущены отдельные существенные ошибки, на уточняющие вопросы часть ответов ошибочна*

**КМ-5. Контрольная работа по теме «Отражение и преломление плоских волн»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 8

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа выполняется в письменной форме на практическом занятии. Необходимо выполнить задание по билету.

**Краткое содержание задания:**

Представьте решение и ответы на вопросы по билету

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – методы анализа параметров отраженных и преломленных волн при наличии границы раздела сред;	1.Плоская электромагнитная волна с перпендикулярной поляризацией падает из диэлектрика с параметрами $\epsilon = 9,6$ ; $\mu = 1$ под углом $15^\circ$ на плоскую поверхность раздела с воздухом. Найдите угол преломления, а также коэффициенты отражения и преломления. 2.Плоская электромагнитная волна с перпендикулярной поляризацией падает из воздуха на поверхность диэлектрика с параметрами $\epsilon = 9,6$ ; $\mu = 1$ под углом $60^\circ$ . Найдите угол преломления, а также коэффициенты отражения и преломления. 3.Плоская электромагнитная волна с параллельной поляризацией падает из диэлектрика с параметрами $\epsilon = 4$ ; $\mu = 1$ под углом $25^\circ$ на плоскую поверхность раздела с воздухом. Найдите угол преломления, а также коэффициенты отражения и преломления.
Уметь: – анализировать	1.Компл амплитуда в падающей волне в точке

<p>процессы отражения и преломления электромагнитных волн при наличии границы раздела сред;</p>	<p>падения - см. вопрос № 1.          Поляризация волны параллельная. Угол падения 25 градусов. Частота колебаний 3 ГГц          Волна падает из воздуха на поверхность латуни с удельной проводимостью</p> $1,4 \cdot 10^7 \text{ См / м}$ <p>Найдите комплексные амплитуды тангенциальных составляющих векторов E и H на поверхности металла.          2.Компл амплитуда в падающей волне в точке падения</p> $\dot{E}_{\text{над } 0} = 4 \cdot e^{j30^\circ} \text{ В / м}$ <p>Поляризация волны перпендикулярная. Угол падения 30 градусов. Волна падает из воздуха в диэлектрик с диэл проницаемостью 4          Найдите коэффициенты отражения и преломления (по вектору E), амплитуды векторов E и H а также среднее значение вектора Пойнтинга в отраженной и преломленной волнах.          3.Плоская электромагнитная волна с перпендикулярной поляризацией падает под углом 15° из среды с параметрами <math>\epsilon = 2,08</math>; <math>\mu = 1,1</math> на границу раздела с воздухом. Потери в среде отсутствуют. Плотность потока мощности падающей волны 5 Вт/м<sup>2</sup>. Определите плотность потока мощности отраженной и преломленной волн.</p>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, имеются ошибки не принципиального характера*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки*

**КМ-6. Защита расчетного задания. Ч.2 "Отражение и преломление плоских волн"**

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Интервью

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 9

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к защите должно быть принято расчетно-графическое задание "Отражение и преломление плоских волн", студенту задаются вопросы в формате интервью.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы по материалу РГР

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – методы анализа параметров отраженных и преломленных волн при наличии границы раздела сред;	1. Дайте определение коэффициента отражения и коэффициента преломления. 2. В каком случае поляризация падающей волны считается параллельной? 3. Что такое угол Брюстера? угол полного отражения?
Уметь: – анализировать процессы отражения и преломления электромагнитных волн при наличии границы раздела сред;	1. Проанализируйте, при каком условии в первой среде наблюдаются максимумы и минимумы амплитуды вектора $E$ ? 2. Проанализируйте, при каком условии в первой среде наблюдаются максимумы и минимумы амплитуды вектора $H$ ? 3. Проанализируйте условия существования: а) явления полного преломления; б) явления полного отражения.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* РГР выполнена полностью, имеются мелкие неточности, на уточняющие вопросы получены исчерпывающие ответы

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* РГР выполнена, имеются ошибки принципиального характера, на уточняющие вопросы получены ответы

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* РГР выполнена частично, допущены отдельные существенные ошибки, на уточняющие вопросы часть ответов ошибочна

### **КМ-7. Лабораторные практикумы № 3: защита лабораторных работ**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Интервью

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 8

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Допуск к выполнению, выполнение лабораторных работ, оформление отчета, защита работ в форме коллоквиума

**Краткое содержание задания:**

Продемонстрируйте выполнение домашней подготовки к работе, оформленный отчет с выводами и защитите работу в форме коллоквиума.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – приемы обработки и анализа экспериментальных данных при исследовании электромагнитных полей	1.Как экспериментально можно возбудить колебания в резонаторе ?
Уметь: – проводить экспериментальные исследования характеристик объемных резонаторов;	1.Нарисуйте картину поля и картину токов для колебаний типа E110, H101, H102..
Уметь: – проводить экспериментальные исследования характеристик прямоугольных волноводов и волноводов медленных волн;;	1.В волноводе, используемом в данной лабораторной работе, измерили длину волны. Она оказалась равна 15 см. Определите частоту колебаний и фазовую скорость. 2.Объясните фильтрующие свойства диафрагм с вертикальными и с горизонтальными щелями в прямоугольном волноводе.

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, имеются ошибки не принципиального характера*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки*

#### **КМ-8. Контрольная работа по теме «Волноводы»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 8**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа выполняется в письменной форме на практическом занятии. Необходимо выполнить задание по билету.

#### **Краткое содержание задания:**

Представьте решение и ответы на вопросы по билету

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – приемы расчета характеристик направляемых волн в волноводах быстрых волн и методы анализа полых металлических волноводов;;	1.Каким неравенствам должны удовлетворять размеры поперечного сечения прямоугольного волновода, если требуется, чтобы в волноводе могла распространяться только волна основного типа? Частота колебаний равна 2 ГГц. Волновод заполнен воздухом. Считайте, что поперечные размеры волновода удовлетворяют условию $a > b$ . 2.Определите диапазон частот, в котором в прямоугольном волноводе сечением $72 \times 34$ мм может
---	---

	<p>распространяться только волна основного типа. Волновод заполнен воздухом.</p> <p>3. Определите, какие типы волн могут распространяться в прямоугольном волноводе сечением 165 × 83 мм на частоте 1,36 ГГц. Волновод заполнен: а) воздухом; б) диэлектриком с <math>\epsilon = 2,5</math>.</p>
<p>Уметь: – рассчитывать характеристики полых металлических волноводов;</p>	<p>1. Для волны типа E02 в круглом волноводе изобразите картины поля и поверхностных токов. Укажите способы возбуждения заданной волны в волноводе (штырь, рамка, щель), включая координаты и ориентацию возбудителей</p> <p>2. Для волны типа E21 в прямоугольном волноводе измеренная длина волны равна 1,73 см на частоте 10 ГГц. Размеры поперечного сечения 3 см × 1 см. Определите относительную диэлектрическую проницаемость немагнитного вещества, заполняющего волновод</p> <p>3. Для волны типа H02 в прямоугольном волноводе изобразите картину поля и поверхностных токов (в изометрии и в одном из сечений вместе с токами смещения). Укажите способы возбуждения заданной волны в волноводе (штырь, рамка, щель), включая координаты и ориентацию возбудителей</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, имеются ошибки принципиального характера*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки*

**КМ-9. Контрольная работа по теме «Резонаторы»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 8

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа выполняется в письменной форме на практическом занятии. Необходимо выполнить задание по билету.

**Краткое содержание задания:**

Представьте решение и ответы на вопросы по билету

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – методы анализа	1. Используя тип колебания E 202 в прямоугольном
-------------------------	--



объемных резонаторов;	<p>резонаторе:</p> <p>а) нарисуйте качественно картину полей Е и Н и токов (смещения, проводимости).</p> <p>б) укажите способы возбуждения указанного типа колебания (штырем, рамкой, щелью (покажите возбудители на рис п.б или в), укажите координаты и ориентацию возбудителей)</p> <p>2.Используя тип колебания Е 112 в прямоугольном резонаторе:</p> <p>а) нарисуйте качественно картину полей Е и Н и токов (смещения, проводимости).</p> <p>б) укажите способы возбуждения указанного типа колебания (штырем, рамкой, щелью (покажите возбудители на рис п.б или в), укажите координаты и ориентацию возбудителей)</p> <p>3.Используя тип колебания Е 012 в круглом резонаторе:</p> <p>а) нарисуйте качественно картину полей Е и Н и токов (смещения, проводимости).</p> <p>б) укажите способы возбуждения указанного типа колебания (штырем, рамкой, щелью (покажите возбудители на рис п.б или в), укажите координаты и ориентацию возбудителей)</p>
Уметь: – рассчитывать характеристики объемных резонаторов;	<p>1.В прямоугольном резонаторе с размерами <math>a = 40</math> мм; <math>b = 20</math> мм; <math>l = 60</math> мм возбуждается колебание типа Е111. Определите проницаемость диэлектрика, заполняющего резонатор, если резонансная частота равна 5 ГГц.</p> <p>2.Определите длину прямоугольного резонатора, заполненного воздухом и работающего на типе колебаний Н101. Резонансная частота <math>f_{рез} = 3</math> ГГц, размеры поперечного сечения <math>a = 8</math> см; <math>b = 4</math> см. Как нужно изменить длину резонатора при переходе к колебанию типа Н102?</p> <p>3.Определите длину прямоугольного резонатора, заполненного воздухом и работающего на типе колебаний Е111. Резонансная частота <math>f_{рез} = 6</math> ГГц, размеры поперечного сечения <math>a = 8</math> см; <math>b = 4</math> см. Как нужно изменить длину резонатора при переходе к колебанию типа Е112?</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, имеются ошибки не принципиального характера*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки*

### **КМ-10. Защита расчетного задания. Ч.3 "Волноводы"**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Интервью

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к защите должно быть принято расчетно-графическое задание "Плоские волны", студенту задаются вопросы в формате интервью.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на поясняющие вопросы в ходе беседы с преподавателем.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – приемы расчета характеристик направляемых волн в волноводах быстрых волн и методы анализа полых металлических волноводов;	1.Как определяется ближайший тип волны? 2.Как определяется мощность, переносимая по волноводу? 3.Объясните запись условия одноволнового режима в волноводе.
Уметь: – рассчитывать характеристики полых металлических волноводов;	1.Проанализируйте выбор координат и ориентации возбудителей (штырь, рамка, щель) для Вашего типа волны в случае: а) режима бегущей волны; б) режима стоячей волны. 2.Проанализируйте влияние диэлектрической проницаемости среды, заполняющей волновод, на критическую частоту и на амплитудный коэффициент волны заданного типа. 3.Проанализируйте влияние размеров поперечного сечения волновода на критическую частоту и на амплитудный коэффициент волны заданного типа.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: РГР выполнена полностью, имеются мелкие неточности, на уточняющие вопросы получены исчерпывающие ответы*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: РГР выполнена, имеются ошибки принципиального характера, на уточняющие вопросы получены ответы*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: РГР выполнена частично, допущены отдельные существенные ошибки, на уточняющие вопросы часть ответов ошибочна*

### **КМ-11. Защита индивидуального домашнего задания по излучателям**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 8

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты предоставляют выполненные письменно задачи по теме "Элементарные излучатели" согласно индивидуальному заданию.

**Краткое содержание задания:**

Представьте решение задач согласно индивидуальному заданию.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – методы расчета характеристик поля, возбуждаемого элементарными излучателями;	1.Что такое элементарный электрический излучатель? 2.Покажите, как направлены векторы $E$ и $H$ в точке с координатой $(0,1,1)$ (дальняя зона), если излучатель направлен вдоль оси $x$ и находится в начале координат. 3.Как зависит мощность, излучаемая элементарным электрическим излучателем от частоты? В каком частотном диапазоне данная зависимость справедлива?
Уметь: – анализировать поля, возбуждаемые элементарными излучателями	1.Найдите амплитуду векторов $E$ , $H$ и среднее значение вектора Пойнтинга в заданной точке с координатами $(1,1,1)$ при заданных частоте $3 \text{ ГГц}$ , длине излучателя $1,5 \text{ см}$ и полной излучаемой мощности $300 \text{ мВт}$ . 2.Определите, выполняется ли условие элементарности излучателя при заданных частоте $3 \text{ ГГц}$ и длине излучателя $1,5 \text{ см}$ . 3.Определите, выполняется ли условие дальней зоны при заданных частоте $3 \text{ ГГц}$ и координатах точки наблюдения $(1,1,1)$ .

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, имеются ошибки не принципиального характера*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки*

#### **КМ-12. Лабораторные практикумы № 4: защита лабораторных работ**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 8

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Допуск к выполнению, выполнение лабораторных работ, оформление отчета, защита работ в форме коллоквиума

**Краткое содержание задания:**

Продемонстрируйте выполнение домашней подготовки к работе, оформленный отчет с выводами и защитите работу в форме коллоквиума

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: – приемы обработки и анализа экспериментальных данных при исследовании электромагнитных полей</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какие составляющие векторов <math>E</math> и <math>H</math> существуют в исследуемой волне применительно к гребенчатой структуре</li> <li>2.Изобразите зависимость коэффициента замедления от длины волны генератора</li> <li>3.Как в лабораторной работе измеряется коэффициент замедления волны ?</li> </ol>
<p>Уметь: – проводить экспериментальные исследования характеристик прямоугольных волноводов и волноводов медленных волн;;</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.При частоте генератора 10 ГГц в результате измерения длина волны в H-образном волноводе составила 2 см. Определите поперечное волновое число и коэффициент замедления</li> <li>2.Постройте качественно на одном рисунке графики поперечного распределения амплитуды составляющей <math>H_x</math> в волне H20 в H-образном волноводе для двух разных значений диэлектрической проницаемости <math>\epsilon</math>. Дайте пояснения.</li> <li>3.Как, сняв зависимость амплитуды вектора поля от координаты <math>x</math> над гребенкой, определить коэффициент замедления</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, имеются ошибки не принципиального характера*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

<b>Н И У</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1</b>		<i>Утверждаю: Зав. кафедрой Шалимова Е.В.  Лектор: Крамм М.Н. 17 июня 2021г.</i>
<b>МЭИ</b>		Кафедра	Основ радиотехники
		Дисциплина	Электродинамика
		Институт	ИРЭ
1. Обоснуйте переход от уравнений Максвелла в дифференциальной форме к уравнениям Максвелла для комплексных амплитуд.. 2. Как определяются тангенциальные и нормальные составляющие векторов <b>Е</b> и <b>Н</b> на поверхности идеального проводника? 3. Амплитуда вектора <b>Е</b> в плоской электромагнитной волне для некоторой точки пространства равна 2 В/м. Частота колебаний 1,5 ГГц. Волна распространяется в среде с относительными проницаемостями $\epsilon = 2$ ; $\mu = 1$ и удельной проводимостью 0,15 См/м. Найдите средняя плотность потока мощности в данной точке.			

## Процедура проведения

Экзамен проходит в устном формате, Студенту предоставляется 1 час для подготовки ответов на вопросы билета. Оценка выставляется по итогам беседы с экзаменатором.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-1</sub> Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

### Вопросы, задания

1.

<b>Н И У</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2</b>		<i>Утверждаю: Зав. кафедрой Шалимова Е.В.  Лектор: Крамм М.Н. 17 июня 2021г.</i>
<b>МЭИ</b>		Кафедра	Основ радиотехники
		Дисциплина	Электродинамика
		Институт	ИРЭ
1. Объясните запись граничных условий при выводе продольной составляющей для волны типа Е в прямоугольном волноводе. Какое граничное условие является основным? . Объясните запись граничных условий при выводе продольной составляющей для волны типа Н в прямоугольном			

волноводе.

2. Выведите формулу для среднего значения вектора Пойнтинга в плоской волне с составляющими  $E_x$  и  $H_y$ , распространяющейся в среде с потерями.

3. Определите амплитуду составляющих поля в экваториальной плоскости элементарного электрического излучателя (плоскости, перпендикулярной оси излучателя) на расстоянии 1,5 км. Частота колебаний 150 МГц, амплитуда тока в излучателе 0,2 А, а его длина 10 см.

2.

<b>НИУ</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3</b>		<i>Утверждаю: Зав. кафедрой Шалимова Е.В. Лектор: Крамм М.Н. 17 июня 2021г.</i>
<b>МЭИ</b>		Кафедра	Основ радиотехники
		Дисциплина	Электродинамика
		Институт	ИРЭ
<p>1. Выведите поперечное волновое число для волны типа Н в прямоугольном волноводе.</p> <p>2. Запишите уравнения Максвелла для мгновенных значений векторов поля в интегральной и дифференциальной форме. Поясните их смысл.</p> <p>3. Даны комплексные амплитуды векторов поля плоской волны в среде с потерями:  <math>\mathbf{E} = 5 \cdot e^{-0,01x} e^{-j0,04y} \mathbf{1}_x</math>, В/м; <math>\mathbf{H} = 0,01 \cdot e^{-0,01x} e^{-j(0,04y+0,25)z} \mathbf{1}_z</math>, А/м;          Найдите среднюю мощность, переносимую волной через площадку размером 1 x 1 м, расположенную в плоскости <math>y = 50</math> м.</p>			

3.

<b>НИУ</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4</b>		<i>Утверждаю: Зав. кафедрой Шалимова Е.В. Лектор: Крамм М.Н. 17 июня 2021г.</i>
<b>МЭИ</b>		Кафедра	Основ радиотехники
		Дисциплина	Электродинамика
		Институт	ИРЭ
<p>1. Рассмотрите все возможные способы возбуждения волны типа E<sub>21</sub> в прямоугольном волноводе с изображением возбудителей и указанием их координат и ориентации.</p> <p>2. Дайте определение комплексной амплитуды вектора поля. Перейдите от уравнений Максвелла в дифференциальной форме для мгновенных значений векторов поля к уравнениям Максвелла для комплексных амплитуд векторов поля.</p> <p>3. Средняя плотность потока мощности в плоской электромагнитной волне для некоторой точки пространства равна 100 мВт/м<sup>2</sup>. Частота колебаний равна 10 ГГц. Волна распространяется в среде с относительными проницаемостями <math>\epsilon = 3</math>; <math>\mu = 1</math> и удельной проводимостью 2,5 См/м. Найдите амплитуду вектора <math>\mathbf{E}</math> в данной точке.</p>			

4.

<b>НИУ</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5</b>		<i>Утверждаю: Зав. кафедрой Шалимова Е.В. Лектор: Крамм М.Н. 17 июня 2021г.</i>
<b>МЭИ</b>		Кафедра	Основ радиотехники
		Дисциплина	Электродинамика
		Институт	ИРЭ
<p>1. Запишите пример связи между векторами магнитного поля в случае: а) анизотропной</p>			

среды; б) нелинейной среды; Дайте примеры, когда проявляются анизотропные свойства? Нелинейные свойства? Частотная дисперсия?

2. Выведите выражение для мощности, переносимой по прямоугольному волноводу на примере волны  $H_{10}$ .

3. Круглый объемный резонатор заполнен воздухом, имеет диаметр 5 см и длину 7 см. Найдите резонансные частоты для основного типа колебаний и для типа, ближайшего к основному. Постройте картины поля и токов для этих типов.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Плоская волна распространяется в вакууме, причем амплитуда колебаний вектора  $H$  равна  $0,1$  А/м. Определите амплитуду колебаний вектора  $H$ .

Ответы:

Запишите правильный ответ в В/м, округлив до десятых.

Верный ответ: 37,7

2. Плоская волна с частотой 10 ГГц распространяется в диэлектрике без потерь с диэлектрической проницаемостью, равной 4. Определите длину волны.

Ответы:

Запишите правильный ответ в см, округлив до десятых.

Верный ответ: 1,5

3. Волна с линейной поляризацией распространяется вдоль оси  $x$ , вектор  $H$  ориентирован вдоль оси  $z$ . Какая составляющая присутствует у вектора  $E$  ?

Ответы:

1. Выберите номер правильного ответа:
2. 1.  $E_x$
3. 2.  $E_y$
4. 3.  $E_z$

Верный ответ: 2

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ОПК-2 Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

### Вопросы, задания

1. Как связаны показания измерительного вольтметра с амплитудой напряженности электрического поля?

2. Как проводится обработка результатов измерений при определении модуля коэффициента отражения?

3. Объясните, какая из двух диафрагм, введенных в поперечной плоскости в волновод (с вертикальными или с горизонтальными щелями) пропускает волну основного типа? Почему?

4. Как экспериментально измеряется добротность объемного резонатора?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Волна какого типа является основной в прямоугольном волноводе?

Ответы:

1. Выберите номер правильного ответа:
2. 1.  $H_{01}$
3. 2.  $H_{10}$
4. 3.  $E_{11}$
5. 4.  $H_{11}$

Верный ответ: 2

2. Какие цилиндрические составляющие вектора  $E$  должны равняться нулю на внутренней поверхности боковой стенки цилиндрического волновода ?

Ответы:

Выберите номера правильных ответов:

1.  $E_r$
2.  $E_\phi$
3.  $E_z$

Верный ответ: 2 и 3

3. Какие цилиндрические составляющие вектора  $H$  должны равняться нулю на внутренней поверхности боковой стенки цилиндрического волновода ?

Ответы:

Выберите номер правильного ответа:

1.  $H_r$
2.  $H_\phi$
3.  $H_z$

Верный ответ: 1

4. В какой ситуации возможно явление полного внутреннего отражения ?

Ответы:

Выберите номер правильного ответа:

1. Волна имеет параллельную поляризацию
2. Волна имеет перпендикулярную поляризацию
3. Волна падает из более плотной среды в менее плотную
4. Волна падает из менее плотной среды в более плотную

Верный ответ: 3

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью, имеются мелкие неточности*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, имеются ошибки не принципиального характера*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено частично, допущены отдельные существенные ошибки*

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.