

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры физической  
электроники и нанопластики  
протокол № 3 от «12» января 2022 г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой



/Шарипов Т.И..



/Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Распространение электромагнитных волн

*(наименование дисциплины)*

вариативная

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

**03.03.03 Радиофизика**

*(код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки

**«Цифровые технологии обработки информации»**

*(наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация  
**бакалавр**

Разработчики (составители)

профессор, д.ф.-м.н., доцент

*(должность, ученая степень, ученое звание)*



/Шайхитдинов Р.З.

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022 г.

Составитель: Шайхитдинов Р.З., д.ф.-м.н. профессор кафедры физической электроники и нанопластики

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры; протокол от «12» января 2022 г. № 3

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_ / Т.И. Шарипов /

## Список документов и материалов (оглавление)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	5 (15)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
<i>4.3. Рейтинг-план дисциплины (Приложение №2)</i>	19
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	13
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	13
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	13
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	14

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

При изучении дисциплины «Распространение электромагнитных волн» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

ОПК-1 - способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использование в профессиональной деятельности.

ОПК-2 - способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

ПК-2 - способность использовать основные методы радиофизических измерений. знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.

Для формирования указанных компетенций и освоения образовательной программы обучающийся должен показать следующие результаты обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать природу, свойства электромагнитных волн; влияние среды на параметры электромагнитных волн, их взаимодействие с внешней средой (отражение от границы раздела двух сред, преломление и поглощение). Знать теоретические основы электромагнитных волн (уравнения Максвелла в интегральной и в дифференциальной формах), формулы Френеля, граничные условия, а также способы передачи энергии электромагнитных волн.	ПК-2	Кроме изучаемой дисциплины эти вопросы входят в компетенцию теории колебаний (ОПК-1 и ОПК-2, ПК-2), физической электроники (ПК-2).
Умения	1. Уметь решать задачи по основным вопросам профессиональной деятельности	ПК-2	
	2. Уметь самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные технологии.	ПК-2	
	3. Уметь использовать основные методы радиофизических измерений.	ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. навыками проведения экспериментальных исследований колебательных процессов и случайных полей в радиофизических системах	ПК-2	
	2. навыками компьютерных расчетов волновых, статистических и случайных процессов	ПК-2	

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Распространение электромагнитных волн» относится к *вариативной* части рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре.

Цели изучения дисциплины: «Распространение электромагнитных волн»

Целью учебной дисциплины является формирование у студентов научного физического мировоззрения на базе изучения электромагнитных процессов, чтобы использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.

Дисциплина «Распространение электромагнитных волн» входит в модуль дисциплин «Физика колебательных и волновых процессов», в которых рассматриваются, в основном, классические представления процессов колебания и распространения волн, и начинается ознакомление студентов с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области волновых свойств объектов и материи в целом.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, предварительно сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, физический практикум, теоретическая механика, математический анализ, дифференциальные уравнения, тензорный анализ и векторная алгебра.

Чтобы приступить к изучению дисциплины «Распространение электромагнитных волн» студент должен знать основные понятия и законы перечисленных выше дисциплин, уметь находить производные функций и их пределы, уметь пользоваться разложением функций в ряд, уметь решать дифференциальные уравнения с применением граничных и начальных условий, иметь навыки нахождения неопределенных и определенных интегралов функций. Студент должен иметь представления об основных средствах измерений в лабораторном физическом практикуме, уметь пользоваться измерительными приборами в рамках лабораторного физического практикума, иметь навыки расчетов погрешностей прямых и косвенных измерений.

Освоение данного раздела общей физики является обязательным этапом подготовки к изучению специальных дисциплин «Физические основы наноэлектроники», «Антенно-фидерные устройства», «Теория колебаний».

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

**ОПК-1** - к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использование в профессиональной деятельности.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (начальный уровень)	1. Знать основы электродинамики и современной радиотехники. 2. Знать особенности распространения волновых процессов, происходящих в различных средах, в линиях передачи электромагнитной энергии и объемных резонаторах.	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (базовый уровень)	Уметь использовать знания, полученные при изучении процессов распространения электромагнитных волн в различных системах, в процессе изучения последующих курсов, формулировать обоснованные технические требования к радиоэлектронным средствам	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (повышенный уровень)	1. Владеть навыками по расчету основных параметров приемно-передающих устройств в электрических цепях	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

**ОПК-2** - способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (начальный уровень)	1. Знать возможности применения электродинамики в развитии систем связи и вещания 2. Знать схемотехнику электромагнитных колебательных контуров, их параметры и особенности.	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала,	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё

		допускает грубые ошибки			
Второй этап (базовый уровень)	1. Уметь формулировать обоснованные технические требования к радиоэлектронным средствам.	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
	2. Использовать знания, полученные при изучении процессов распространения ЭМВ в различных системах, в процессе изучения последующих курсов.				
	3. Уметь решать соответствующие интегро-дифференциальные уравнения.				
Третий этап (повышенный уровень)	1. Владеть навыками по расчету основных параметров приемно-передающих устройств в электрических цепях.	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве
	2. Правильно выбирать параметры цепей с учетом возможности возникновения «паразитных» колебательных процессов.				

**ПК-2** - способность использовать основные методы радиофизических измерений.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетво рительно»	3 «Удовлет ворительн о»	4 «Хорош о»	5 «Отличн о»
Первый этап (начальный уровень)	Знать особенности распространения волновых процессов, происходящих в различных средах, в линиях передачи электромагнитной энергии и объемных резонаторах.	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания, небольшие части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (базовый уровень)	1. Уметь решать задачи по теории колебаний.	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
	Уметь формулировать обоснованные технические требования к радиоэлектронным средствам				

	Уметь формулировать обоснованные технические требования к радиоэлектронным средствам				
Третий этап (повышенный уровень)	1. Владеть навыками по расчету основных параметров приемно-передающих устройств в электрических цепях.	Практически и не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10 баллов) и за ответы обучаемого на экзамене – максимум 30 баллов.

Шкала перевода баллов рейтинга в пятибалльную шкалу итоговой оценки по дисциплине:

- от 0 до 44 баллов – «неудовлетворительно»
- от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;
- от 60 до 79 баллов – «хорошо»;
- от 80 до 110 баллов – «отлично».

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать особенности распространения волновых процессов, происходящих в различных средах, в линиях передачи электромагнитной энергии и объемных резонаторах.	ОПК-1, ОПК-2	Тест, контрольная работа
2-й этап Умения	2. Уметь решать задачи по основным темам дисциплины	ОПК-1, ПК-2	Контрольная работа
	2. Уметь формулировать обоснованные технические требования к радиоэлектронным средствам	ОПК-2, ПК-2	Тест
	3. Уметь решать соответствующие интегро-дифференциальные уравнения.	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Тест
3-й этап Владеть навыками	1. Уметь составлять уравнения колебательных процессов для различных колебательных систем (линейные и нелинейные, свободные и вынужденные, консервативные и диссипативные).	ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа
	2. Владеть навыками по расчету основных параметров колебательных	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, тест



### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

#### Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

*Билет состоит из двух теоретических вопросов.*

Примерные вопросы для экзамена:

1. Основные уравнения и свойства ЭМП.
2. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.
3. Законы сохранения заряда, уравнение непрерывности полного тока
4. Уравнение баланса энергии ЭМП. Теорема Пойнтинга. Вектор Пойнтинга.
5. Классификация ЭМП. Гармонические процессы и метод комплексных амплитуд. Уравнения Максвелла в комплексной форме
6. Излучение ЭМВ. Элементарный электрический излучатель.
7. Электродинамические потенциалы. Их свойства и взаимосвязь.
8. Определение векторов ЭМП, создаваемого элементарным электрическим излучателем в безграничной изотропной среде.
9. Поля излучателя в ближней и дальней зонах, ориентация векторов поля, фронт волны, характеристическое сопротивление. направленность излучения, мощность и сопротивление излучения.
10. Элементарный магнитный излучатель.
11. Принцип перестановочной двойственности.
12. Определение векторов ЭМП, создаваемого элементарным магнитным излучателем.
13. Плоские ЭМВ в безграничной однородной изотропной среде без потерь.
14. Волновые уравнения Гельмгольца.
15. Свойства плоской волны, структура поля, коэффициент фазы, фазовая скорость, скорость распространения энергии, характеристическое сопротивление.
16. Плоские ЭМВ в безграничных средах с потерями. Свойства волн: коэффициент фазы и ослабления, фазовая скорость и длина волны в средах с малыми и большими тангенсами углами потерь.
17. Дисперсионные свойства поглощающей среды.
18. Поляризация плоских ЭМВ. Виды поляризации. Граничные условия для нормальных и касательных составляющих векторов ЭМП.
19. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела двух сред.
20. Отражение ЭМВ при нормальном падении на плоскую границу раздела. Наклонное падение ЭМВ. Горизонтальная и вертикальная поляризация.
21. Формулы Френеля.
22. Угол Брюстера. Явление полного прохождения. Явление полного внутреннего отражения.
23. Поверхностный эффект на границе раздела двух сред.
24. Направляемые электромагнитные волны. Понятие о линиях передачи. Типы линий передачи.
25. Волновые уравнения полей для произвольного сечения волновода. Связь между продольными и поперечными составляющими векторов. Классификация направляемых волн. Особенности направляемых ЭМВ. Коэффициент распространения, критическая частота, фазовая скорость и длина волны, групповая скорость.
26. Коаксиальная линия передачи. Волна Т. Структура поля, параметры волны.
27. Волновое сопротивление. Область применения коаксиальных кабелей.
28. Двухпроводная линия передачи.
29. Волна Т. Структура поля. Параметры волны. Волновое сопротивление.

30. Волновые процессы в линиях передачи конечной длины. Эквивалентные токи и напряжения.
31. Телеграфные уравнения и их решения. Входное сопротивление отрезка линий передачи. Коэффициент отражения в линии.
32. Диаграмма полных сопротивлений.
33. Согласование линий передачи.

### **Пример экзаменационного билета:**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»

Физико-технический институт

Кафедра физической электроники  
и нанوفизики

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**

по дисциплине «Распространение электромагнитных волн»  
Направление 03.03.03 «Радиофизика»

1. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.
2. Волновые процессы в линиях передачи конечной длины. Эквивалентные токи и напряжения.

Зав. кафедрой физической электроники  
и нанوفизики, профессор

Бахтизин Р.З.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за участие на конференциях. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

### **Критерии оценивания ответа на экзамене:**

Максимальная оценка – 30 баллов складывается из оценки за ответ на вопросы билета и оценок за ответы на дополнительные вопросы.

**За ответы на вопросы билета выставляется**

- **15 баллов**, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопросы билета в объеме рекомендованной литературы.

Студент без затруднений ответил на уточняющие вопросы преподавателя по материалам билета.

- **10-14 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл без серьезных ошибок оба теоретических вопроса, однако показал пробелы в знаниях 20-25 % объема билета. Не на все уточняющие вопросы были даны корректные ответы.

- **5-9 баллов** выставляется студенту, если даны ответы на оба теоретических вопроса в объеме 35-50 % от полного ответа. Студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий, законов и формул, описании основных экспериментов. Студент не дает удовлетворительных ответов на уточняющие вопросы по билету.

- **1-4 балла** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий, законов и экспериментов, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены серьезные ошибки и пробелы при ответе на второй вопрос. На уточняющие вопросы по билету не получены ответы или ответы на них в корне ошибочны.

**Примеры дополнительных вопросов на экзамене:**

1. Уравнения Максвелла в интегральной форме.
2. Признаки линейности и нелинейности колебательных систем.
3. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.
4. Электродинамические потенциалы. Их взаимосвязь.
5. Элементарный магнитный излучатель.
6. Принцип перестановочной двойственности
7. Дисперсионные свойства поглощающей среды.
8. Методы теории нелинейных колебаний.
9. Аналитические и качественные методы.
10. Анализ возможных движений и бифуркаций в фазовом пространстве: метод малого параметра, метод Крылова-Боголюбова.
11. Усреднение в системах, содержащих быстрые и медленные движения.
12. Поверхностный эффект на границе раздела двух сред.
13. Поверхностный эффект на границе раздела двух сред.
14. Двухпроводная линия передачи.
15. Теорема взаимности.
18. Применение затягивания для стабилизации частоты.

**За ответ на дополнительный вопрос на экзамене выставляется:**

- 3 балла, если студент дал исчерпывающе полный и правильный ответ;
- 2 балла, если ответ верен, но дан не в полном объеме учебной программы, или содержит незначительные ошибки;
- 1 балл, если ответ на вопрос дан, но содержит серьезные ошибки или большие пробелы в изложении;
- 0 баллов, если студент не ответил или ответил в корне неверно.

Дополнительные вопросы задаются студенту после ответа на вопросы билета.

## Задания для проведения письменных опросов (тестов)

### Описание теста 1.

Содержит задания для рубежного контроля усвоения материала лекций (модуль 1). Тест рассчитан на 45 минут, состоит из 5 заданий. Каждое задание оценивается в 4 балла.

#### Пример варианта теста 1.

1. Установите соответствие между уравнениями Максвелла в дифференциальной форме и утверждениями, с которыми они соотносятся:

$$\operatorname{div}\vec{B} = 0, \operatorname{rot}\vec{H} = \vec{j}, \operatorname{rot}\vec{E} = 0, \operatorname{div}\vec{D} = \rho,$$
$$\operatorname{rot}\vec{H} = \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}, \operatorname{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

2. По сплошному цилиндрическому проводу радиуса  $r = 2$  мм течёт постоянный электрический ток плотностью  $j = 1$  А/мм<sup>2</sup>. Определите модуль вектора Умова-Пойнтинга, если напряженность электрического поля  $E = 1$  В/м.
3. Установить последовательность функциональных зависимостей от времени  $t$  магнитного потока  $\Phi$ , в которой имеет место ЭДС индукции. 1)  $\Phi = 0$ ; 2)  $\Phi = At^2$  ( $A = \text{const}$ ); 3)  $d\Phi/dt = 0$ ; 4)  $d\Phi/dt = \text{const}$ ;  
5)  $\Phi = B\sin\omega t$ .
5. Рассчитайте число длин волн монохроматического излучения частоты  $\nu = 300$  ГГц, которое укладывается на отрезке  $L = 1$  м.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Иродов И. Е. Волновые процессы: основные законы : учеб. пособие для студентов физ. спец. вузов. - 5-е изд., - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 263 с.
2. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. – М.: Наука, 1979.
3. Федоров Н.Н. Основы электродинамики. – М.: Высш. шк., 1980.

#### Дополнительная:

4. М.И. Рабинович. Теория колебаний и волн. Учебное пособие. Горький, Изд-во ГГУ, 1977.
5. Н.В. Бутенин, Ю.И. Неймарк, Н.А. Фуфаев. Введение в теорию нелинейных колебаний. -М.: Наука, 1987.
6. Н.Н. Боголюбов, Ю.И. Митропольский. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. -М.: Наука, 1974.

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"** (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

<http://vuz.exponenta.ru>

<http://hbar.phys.msu.ru/hbar/pages/vyat/radio.htm>

<http://налекцию.рф/content/1846>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Аудитория 313 (физмат корпус)	Лекции	Доска, мел, компьютер, мультимедийный проектор, экран
Аудитория 313 (физмат корпус)	Семинарские занятия	Доска, сборники задач, компьютер, мультимедийный проектор, экран
<i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</i> аудитории № 311 или № 313 (физмат корпус)	Лабораторные занятия	Лабораторные стенды, компьютер.

Семинарские занятия проводятся в аудитории 313, в которой имеются компьютер, мультимедийный проектор, экран.

Лабораторные занятия проводятся в ауд. 311 и 313, которые укомплектованы лабораторными стендами, измерительными приборами (осциллографы, мультиметры, и т.д.), генераторами электрических колебаний, источниками питания, паяльными станциями.

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Распространение электромагнитных волн» на 8  
семестр  
(наименование дисциплины)  
очная  
форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	37,2
лекций	12
практических/ семинарских	12
лабораторных	12
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	45
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	61,8

Форма контроля:  
Экзамен 8 семестр

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов:				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов (СРС)	Форма текущего контроля успеваемости
		лекции, практические семинарские лабораторные самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)	занятия, занятия, работы,	и				
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<b>Модуль 1. Свойства электромагнитных волн.</b> Предмет и содержание курса. Частотные диапазоны. Особенности и достоинства СВЧ диапазона. Условие квазистационарности. Электродинамика и современная радиотехника.	1			4	1 (§1.1-1.7), 3 (§2-3).	5(§1-3).	Тест
2	Основные уравнения и свойства ЭМП. Векторные характеристики ЭМП. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Законы сохранения заряда, уравнение непрерывности полного тока. Уравнение баланса энергии ЭМП. Теорема Пойнтинга. Вектор Пойнтинга. Классификация ЭМП. Гармонические процессы и метод комплексных амплитуд. Уравнения Максвелла в комплексной форме	2	2		6	1 (§2.1-2.3)1(§6-9), 2(§11), 5(§2,3)	5(§3-5)	Тест
3	Излучение ЭМВ. Электродинамические потенциалы. Элементарный электрический излучатель. Определение векторов ЭМП, создаваемого элементарным электрическим излучателем в безграничной изотропной среде. анализ структуры поля. Поля излучателя в	1	2	2	6	1(§2.3-2.5), 3(§13-15), 5(§3-8).	5(§21-23)	Тест, КР

	ближней и дальней зонах, ориентация векторов поля, фронт волны, характеристическое сопротивление. направленность излучения, мощность и сопротивление излучения. Элементарный магнитный излучатель. Принцип перестановочной двойственности. Определение векторов ЭМП, создаваемого элементарным магнитным излучателем.							
4	Плоские ЭМВ в безграничной однородной изотопной среде без потерь. Волновые уравнения Гельмгольца. Свойства плоской волны, структура поля, коэффициент фазы, фазовая скорость, скорость распространения энергии, характеристическое сопротивление.	1	1		4	1(§3.1-3.5), 2(§15-17).	5(§67,72,75, 77)	Тест
5	Плоские ЭМВ в безграничных средах с потерями. Свойства волн: коэффициент фазы и ослабления, фазовая скорость и длина волны в средах с малыми и большими тангенсами углами потерь. Дисперсионные свойства поглощающей среды. Поляризация плоских ЭМВ. Виды поляризации. Граничные условия для нормальных и касательных составляющих векторов ЭМП.	1	1	2	6	1 (§3.5-3.6), 3(§17-20), 5(9-11).	6(§23), 4(§6.80,81,84,85)	Тест
6	<b>Модуль 2. Взаимодействие электромагнитных волн со средой.</b> Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела двух сред. Отражение ЭМВ при нормальном падении на плоскую границу раздела. Наклонное падение ЭМВ. Горизонтальная и вертикальная поляризация. Формулы Френеля. Угол Брюстера. Явление полного прохождения. Явление полного внутреннего отражения. Поверхностный эффект на границе раздела двух сред. – 10 часов.	2	1	2	4	1(§10,11), 2(§2), 5(§27).		Тест КР
7	Направляемые электромагнитные волны. Понятие о линиях передачи. Типы линий передачи. Волновые уравнения полей для произвольного сечения волновода.	1	1	2	4	1(§6.1-6.3), 2(§3,4), 5(§28).	1(§14), 3(§21). 5(§13),	Тест



	Связь между продольными и поперечными составляющими векторов . Классификация направляемых волн. Особенности направляемых ЭМВ. Коэффициент распространения, критическая частота, фазовая скорость и длина волны, групповая скорость.							
8	Коаксиальная линия передачи. Волна Т. Структура поля, параметры волны. Волновое сопротивление. Область применения коаксиальных кабелей.	1	1	2	4	1 (§4.1-4.6, 7.1-7.3), 3 (§21,22), 5 (§12, 15, 20)	4(6.122,124)	Тест КР
9	Двухпроводная линия передачи. Волна Т. Структура поля. параметры волны. Волновое сопротивление.	1	2		4	3(§21,23), 5(§21,27), 1(§33,34)	4 (6.105, 107, 111)	Тест
10	Волновые процессы в линиях передачи конечной длины. Эквивалентные токи и напряжения. Телеграфные уравнения и их решения. Входное сопротивление отрезка линий передачи. Коэффициент отражения в линии, КСВ и КБВ. Режимы КЗ и ХХ. Диаграмма полных сопротивлений. Согласование линий передачи.	1	2	2	3	1(§10.1-10.4), 5(§25,30)	4(6.154, 156,160)	Тест
	<b>Всего часов:</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>45</b>			

## Рейтинг – план дисциплины

## «Распространение электромагнитных волн»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Радиофизика», профиль «Радиофизика и электроника»  
курс 4, семестр 7

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1. Свойства электромагнитных волн</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Тест 1	4	5	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Контрольная работа №1	5	3	0	15
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 1</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Модуль 2. Взаимодействие Электромагнитных волн со средой.</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
3. Контрольная работа №2	5	4	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тест 2	3	5	0	15
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 2</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
Участие на конференциях			0	10
<b>Итого поощрительных баллов</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических занятий			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
Экзамен	9 (вопрос билета)	2 вопроса	Макс. 18 б.	<b>30</b>
	3 (доп. вопрос)	2	Макс. 6 б.	
	6 (задача)	1	Макс. 6 б.	