

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

Распространение электромагнитных волн

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика  
Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника  
Квалификация выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2022

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Колчев А.А. (Кафедра радиоастрономии, Высшая школа киберфизических систем и прикладной электроники), AAKolchev@kpfu.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

знать физическую сущность процессов и явлений, происходящих при распространении волн в однородных и неоднородных средах;

Должен уметь:

уметь самостоятельно использовать основные методы радиофизических измерений.

Должен владеть:

владеть методами проведения аналитических и численных расчетов;

Должен демонстрировать способность и готовность:

демонстрировать способность и готовность проведения аналитических и численных расчетов;

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.28 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.03 "Радиофизика (Квантовая и СВЧ электроника)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 64 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 28 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 8 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Излучение электромагнитных волн.	6	2	0	0	0	0	0	2

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
2.	Тема 2. Распространение электромагнитных волн.	6	2	0	0	0	0	0	2
3.	Тема 3. Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля.	6	2	0	0	0	0	0	2
4.	Тема 4. Элементарный вибратор.	6	2	0	0	0	4	0	2
5.	Тема 5. Линейный симметричный вибратор.	6	2	0	0	0	4	0	0
6.	Тема 6. Методы создания эффективных передающих антенн.	6	2	0	0	0	0	0	0
7.	Тема 7. Влияние земли на направленные свойства антенн.	6	2	0	0	0	0	0	0
8.	Тема 8. Конструкции антенн.	6	2	0	0	0	4	0	0
9.	Тема 9. Симметричный вибратор с рефлектором.	6	2	0	0	0	4	0	0
10.	Тема 10. Основные радиотехнические характеристики антенн.	6	2	0	0	0	4	0	0
11.	Тема 11. Рупорные антенны.	6	2	0	0	0	4	0	0
12.	Тема 12. Зеркальные антенны.	6	2	0	0	0	4	0	0
13.	Тема 13. Методики измерений основных характеристик антенн.	6	2	0	0	0	0	0	0
14.	Тема 14. Фазированные антенные решетки	6	2	0	0	0	0	0	0
15.	Тема 15. Земные и тропосферные волны.	6	2	0	0	0	0	0	0
16.	Тема 16. Распространение УКВ в урбанизированных средах.	6	2	0	0	0	0	0	0
17.	Тема 17. Строение ионосферы и распространение в ней радиоволн.	6	2	0	0	0	0	0	0
18.	Тема 18. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.	6	2	0	0	0	0	0	0
	Итого		36	0	0	0	28	0	8

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Излучение электромагнитных волн.

Электромагнитные волны и их особенности. Понятие волновых процессов и их математическое описание. Волновое уравнение. Условие квазистационарности. Частотные диапазоны и особенности их использования. Уравнения Максвелла. Линейные диспергирующие и недиспергирующие среды. Анизотропные и неоднородные среды. Опыты Герца.

##### Тема 2. Распространение электромагнитных волн.

Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Вывод уравнений Максвелла. Граничные условия. Закон сохранения энергии электромагнитного поля.

Интегральный закон Ома. Колебательный контур. Электрическая цепь с индуктивностью  $L$  и ёмкостью  $C$ . Вывод уравнения цепи из общих положений электродинамики. Явления в контуре при отключении э. д. с.

##### Тема 3. Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля.

Электромагнитное поле в "общем" случае. Условие излучения в свободном пространстве. Уравнения для векторного и скалярного потенциалов. Распространение электромагнитных волн, уравнение Гельмгольца. Условие излучения в свободном пространстве, функция Грина. Условие излучения Зоммерфельда. Сферическая расходящаяся волна.

##### Тема 4. Элементарный вибратор.

Решение векторного уравнения Гельмгольца для магнитной составляющей. Электростатический диполь, его потенциал и электрическое поле. Поле излучения, создаваемое прямолинейным элементом тока (элементарный излучатель, диполь Герца). Дипольный момент элементарного вибратора. Магнитные и электрические поля излучения диполя Герца.

#### **Тема 5. Линейный симметричный вибратор.**

Поле элементарного диполя в ближней и дальней зонах. Мощность излучения диполя Герца в ближней и волновой зонах. Характеристика направленности диполя Герца, коэффициент направленного действия. Развитие поля излучения диполя Герца в пространстве и времени. Структура магнитного поля диполя Герца. Поле излучения симметричного вибратора.

#### **Тема 6. Методы создания эффективных передающих антенн.**

Излучение антенны состоящей из системы линейных симметричных вибраторов.

Возможности построения эффективных антенн на примере системы вибраторов. Направленные свойства антенны, состоящей из ряда линейных вибраторов, возбужденных синфазно и равномерно. Диаграмма направленности системы линейных вибраторов. Антенна из нескольких рядов линейно возбужденных вибраторов.

#### **Тема 7. Влияние земли на направленные свойства антенн.**

Влияние земли на диаграмму направленности вертикального диполя. Метод зеркальных изображений. Изменение диаграммы направленности вертикального вибратора в зависимости от высоты подвеса. Влияние земли на диаграмму направленности горизонтального диполя. Диаграмма направленности горизонтального вибратора в зависимости от высоты подвеса.

#### **Тема 8. Конструкции антенн.**

Конструкции антенн. Влияние земли на направленные свойства антенн в вертикальной плоскости. Коэффициент направленного действия и коэффициент усиления антенны. Поле горизонтального диполя в вертикальной плоскости. Поле вертикального диполя в вертикальной плоскости. Распространение вдоль поверхности Земли для случая пологих лучей. Квадратичная формула Веденского.

#### **Тема 9. Симметричный вибратор с рефлектором.**

Системы вибраторов. Синфазные вибраторы. Направленность излучения системы двух активных синфазных вибраторов. Активный рефлектор. Поле двух вибраторов расположенных параллельно на расстоянии  $L/4$  друг от друга. Пассивный рефлектор. Связь с колебательным контуром. Частотная зависимость реактивного сопротивления контура. Антенны типа "волновой канал".

#### **Тема 10. Основные радиотехнические характеристики антенн.**

Характеристики и радиотехнические параметры антенн. Сопротивление излучения. Сопротивление потерь. Коэффициент полезного действия антенны. Характеристика направленности антенны. Нормированная характеристика направленности. Ширина диаграммы направленности. Коэффициент направленного действия антенны. Коэффициент усиления антенны  $G$ . Действующая высота (длина) антенны. Диапазонные свойства антенн. Эффективная шумовая температура антенны.

#### **Тема 11. Рупорные антенны.**

Рупорная антенна - устройство, состоящее из волновода с открытым концом и излучателем. Н-секторальные, Е-секторальные, конические и пирамидальные рупорные антенны. Широкополосность рупорных антенн, небольшой уровень лепестков. Диаграмма направленности рупорной антенны. Размеры оптимального прямоугольного рупора. Длина оптимального конического рупора.

#### **Тема 12. Зеркальные антенны.**

Источник и рефлектор зеркальной антенны. Однозеркальные антенны. Характеристики зеркальной антенны в дальней зоне. Двухзеркальные антенны. Двухзеркальные схемы Грегори и Кассегрена, расположение облучателей. Формирование одной узконаправленной суммарной, суммарно-разностной диаграммы направленности (для пеленгаторов) или одновременно несколько разнонаправленных диаграмм.

#### **Тема 13. Методики измерений основных характеристик антенн.**

Диаграмма направленности антенны и методика ее экспериментального исследования. Коэффициент усиления антенны и его определение. Измерение входного сопротивления антенны. Измерения в дальней зоне. Радиоастрономический метод. Измерения в коллиматоре. Измерения в ближней зоне. Структурные схемы измерительных методик. Достоинства и недостатки каждого метода.

#### **Тема 14. Фазированные антенные решетки**

Излучение линейной антенной решетки. Линейные антенные решетки с равноамплитудным возбуждением и линейным изменением фазы. Режим нормального и наклонного излучения. Плоские антенные решетки. Сканирующие антенные решетки и решетки с обработкой сигналов. Фазированные антенные решетки. Активные фазовые антенные решетки (АФАР). Антенные решетки с обработкой сигнала. Самофазировавшиеся антенны. Антенны с искусственным раскрытием. Адаптивные антенные решетки (ААР).

### **Тема 15. Земные и тропосферные волны.**

Распространение радиолуча в плоскостной атмосфере. Определение кривизны траектории радиоволны. "Эквивалентный" радиус Земли. Виды атмосферной рефракции. Флуктуации радиосигнала и многолучевость распространения. Дискретная и диффузная многолучевость. Рассеяние УКВ на турбулентных неоднородностях. Полоса пропускания тропосферного канала. Поглощение радиоволн в тропосфере.

### **Тема 16. Распространение УКВ в урбанизированных средах.**

Оценка напряженности волн метрового диапазона над пересеченной местностью. Условия распространения УКВ в городе. Высоко поднятые антенны. Одна из антенн поднята высоко над Землей, другая располагается непосредственно у поверхности Земли. Антенны располагаются на поверхности Земли. Связь за счет боковой волны.

### **Тема 17. Строение ионосферы и распространение в ней радиоволн.**

Образование и строение ионосферы. Преломление радиоволн в ионосфере. Частотная дисперсия радиоимпульса. Влияние магнитного поля на распространение радиоволн в ионосфере. Плазменная частота и гирочастота. Эффект Фарадея. Распространение радиоволн в простом ионосферном слое. Теоремы эквивалентности. Вертикальное зондирование ионосферы. Поглощение в ионосфере.

### **Тема 18. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.**

Распространения сверх длинных и длинных радиоволн. Ионосферные сверхдлинные и длинные волны. Изменения напряженности поля. "Свистящие атмосферерики". Распространение земной волной. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля. Особенности распространения радиоволн сантиметрового и миллиметрового диапазонов или сверхвысоких (СВЧ) и крайне высоких (КВЧ) частот.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).



### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн - [http://www.techbook.ru/book.php?id\\_book=185](http://www.techbook.ru/book.php?id_book=185)

Антенны и распространение радиоволн - <http://window.edu.ru/resource/597/68597>

Антенны СВЧ устройств -

[http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web\\_Links&file=index&l\\_op=viewlink&cid=1506](http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=1506)

Издательство радиотехника - <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=bo6>

Распространение радиоволн - <http://www.radioscanner.ru/files/other/file6843/>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Лекции имеют целью дать систематизированные основы научных знаний об акустических и сейсмических волнах, законах их распространения в различных средах, методах решения акустических задач. При изучении и проработке теоретического материала для студентов необходимо: - повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы; - при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в учебной программе литературные и интернет источники; - ответить на контрольные вопросы по темам и разделам дисциплины.
лабораторные работы	Лабораторные работы проводятся с целью углубления и закрепления знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы над учебной и научной литературой. При подготовке к лабораторной работе студентам необходимо: - изучить, повторить теоретический материал по заданной теме; - изучить материалы лабораторной работы по заданной теме, уделяя особое внимание расчетным формулам; - при выполнении расчетных заданий, изучить, повторить типовые задания, выполняемые в аудитории.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа как вид деятельности студента многогранна. В качестве форм СР при изучении дисциплины предлагаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с научной и учебной литературой;</li> <li>- подготовка доклада к практическому занятию;</li> <li>- более глубокое изучение с вопросами, изучаемыми на практических занятиях;</li> <li>- подготовка к тестированию и зачету;</li> </ul> <p>Задачи самостоятельной работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обретение навыков самостоятельной научно-исследовательской работы на основании анализа текстов литературных источников и применения различных методов исследования;</li> <li>- выработка умения самостоятельно и критически подходить к изучаемому материалу.</li> </ul>
экзамен	<p>Готовиться к экзамену необходимо последовательно, с учетом контрольных вопросов, разработанных преподавателем кафедры. Сначала следует определить место каждого контрольного вопроса в соответствующем разделе темы учебной программы, а затем внимательно прочитать и осмыслить рекомендованные научные работы, соответствующие разделы рекомендованных учебников. При этом полезно делать краткие выписки и заметки. Работу над темой можно считать завершенной, если вы сможете ответить на все контрольные вопросы и дать определение понятий по изучаемой теме. Для обеспечения полноты ответа на контрольные вопросы и лучшего запоминания теоретического материала рекомендуется составлять план ответа на контрольный вопрос. Это позволит сэкономить время для подготовки непосредственно перед экзаменом за счет обращения не к литературе, а к своим записям. При подготовке необходимо выявлять наиболее сложные, дискуссионные вопросы, с тем, чтобы обсудить их с преподавателем на обзорных лекциях и консультациях. Нельзя ограничивать подготовку к экзамену простым повторением изученного материала. Необходимо углубить и расширить ранее приобретенные знания за счет новых идей и положений.</p>

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

**12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;



- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки "Квантовая и СВЧ электроника".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

#### Основная литература:

1. Фальковский, О. И. Техническая электродинамика : учебник / О. И. Фальковский. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 432 с. - ISBN 978-5-8114-0980-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210371> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кураев, А. А. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие / А.А. Кураев, Т.Л. Попкова, А.К. Сеницын. - Москва: НИЦ Инфра-М; Минск: Нов. знание, 2013. - 424 с.: ил. - (Высшее образование : Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006211-2. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/367972> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
3. Кузнецов, С. И. Физика. Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны : учебное пособие / С. И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2022. - 231 с. - ISBN 978-5-9558-0332-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1850635> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
4. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. - 2-е изд., доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 448 с. - ISBN 978-5-8114-1637-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211646> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Сомов А.М., Антенно-фидерные устройства: учебное пособие / Под ред. А.М. Сомова. - М.: Горячая линия - Телеком, 2011. - 404 с. - ISBN 978-5-9912-0152-0. - Текст: электронный // ЭБС 'Консультант студента': [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201520.html> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
2. Стенин Ю.М. Распространение радиоволн / Ю. М. Стенин - Казань: Казанский госуд. университет, 2007. - 63, [1] с. - Текст: электронный. - URL: <http://kpfu.ru/docs/F1524005433/Rasprostranenie.radiovoln.doc> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: открытый.
3. Физика волновых процессов: учебно-методическое пособие / Казан. федер. ун-т, Ин-т физики, Каф. радиоастрономии; [авт.- сост.: Г. Е. Корчагин, А. А. Журавлев, Ю. М. Стенин]. - Электронные данные (1 файл: 0,73 Мб). - Казань: Казанский федеральный университет, 2015. - Текст: электронный. - URL: [https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/22068/06\\_45\\_000913.pdf](https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/22068/06_45_000913.pdf) (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: открытый.

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.