

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

 Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Электродинамика сверхвысоких частот

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки: Квантовая и СВЧ электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

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): старший преподаватель, к.н. Дуглав А.В. (Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Высшая школа киберфизических систем и прикладной электроники), Alexander.Dooglav@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;
ПК-1	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- Отличия свойств электромагнитных волн с отличными от нуля продольными составляющими поля от чисто поперечных волн;
- Структуру полей, картину линий поверхностных токов основных типов волн в прямоугольном и круглом цилиндрическом волноводах;
- Структуру полей, картину линий поверхностных токов основных типов колебаний в прямоугольном и круглом цилиндрическом резонаторах;
- Факторы, определяющие потери в волноводах и добротность объемных резонаторов;
- Основные типы и свойства замедляющих систем СВЧ;
- Основные принципы работы активных приборов СВЧ: клистронного генератора и усилителя на основе лампы бегущей волны, а также современных полупроводниковых источников СВЧ, уметь применять их на практике.
- Основные принципы и методы измерения сопротивления нагрузки в диапазоне СВЧ, измерения параметров матрицы рассеяния четырехполюсников в диапазоне СВЧ, измерения параметров объемных резонаторов, измерения мощности в диапазоне СВЧ, уметь применять их на практике.

Должен уметь:

- Рассчитывать основные свойства волноводов, резонаторов в диапазоне сверхвысоких частот.

Должен владеть:

основными методами и способами расчета основных свойств волноводов, резонаторов в диапазоне сверхвысоких частот.

Должен демонстрировать способность и готовность:

углубленного самостоятельного изучения появляющихся технических новинок в области СВЧ-техники

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.04 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.03 "Радиофизика (Квантовая и СВЧ электроника)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7 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 - 18 часа(ов), практические занятия - 10 часа(ов), лабораторные работы - 36 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 44 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 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. Уравнения электромагнитного поля. Плоская электромагнитная волна.	7	2	0	2	0	0	0	4
2.	Тема 2. Электромагнитные волны в направляющих системах. Волны в прямоугольных волноводах.	7	2	0	1	0	0	0	2
3.	Тема 3. Поверхностные токи в стенках волноводов.	7	2	0	1	0	0	0	2
4.	Тема 4. Волны в круглом цилиндрическом волноводе.	7	2	0	1	0	0	0	2
5.	Тема 5. Распространение электромагнитных волн в волноводах с потерями.	7	2	0	2	0	0	0	4
6.	Тема 6. Характеристическое и эквивалентное сопротивление волновода.	7	2	0	1	0	0	0	2
7.	Тема 7. Объемные резонаторы. Прямоугольный резонатор. Круглый цилиндрический резонатор.	7	2	0	1	0	0	0	2
8.	Тема 8. Добротность объемного резонатора.	7	2	0	1	0	0	0	2
9.	Тема 9. Волны в замедляющих системах.	7	2	0	0	0	0	0	4
10.	Тема 10. Генераторы СВЧ. Отражательный клистрон.	7	0	0	0	0	4	0	2
11.	Тема 11. Генератор на лампе бегущей волны.	7	0	0	0	0	2	0	2
12.	Тема 12. Генератор на диоде Ганна.	7	0	0	0	0	4	0	2
13.	Тема 13. Усилители СВЧ. Лампа бегущей волны типа О.	7	0	0	0	0	2	0	2
14.	Тема 14. Измерения на СВЧ. Измерение полных сопротивлений в диапазоне СВЧ при помощи измерительной линии.	7	0	0	0	0	4	0	2
15.	Тема 15. Измерение полных сопротивлений в диапазоне СВЧ при помощи поляризационного измерителя.	7	0	0	0	0	4	0	2
16.	Тема 16. Измерение мощности в диапазоне СВЧ при помощи терморезисторного измерителя.	7	0	0	0	0	4	0	2

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
17.	Тема 17. Измерение мощности в диапазоне СВЧ при помощи термоэлектрического измерителя	7	0	0	0	0	4	0	2
18.	Тема 18. Измерение элементов матрицы рассеяния четырехполюсника в диапазоне СВЧ	7	0	0	0	0	4	0	2
19.	Тема 19. Измерение нагруженной добротности объемных резонаторов	7	0	0	0	0	4	0	2
	Итого		18	0	10	0	36	0	44

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Уравнения электромагнитного поля. Плоская электромагнитная волна.

Решение уравнений Максвелла для однородной, линейной, непроводящей, незаряженной среды для случая, когда поля зависят только от z и t .

Тема 2. Электромагнитные волны в направляющих системах. Волны в прямоугольных волноводах.

Электромагнитные волны в направляющих системах. Волны в прямоугольных волноводах. Н-волны в прямоугольных волноводах, вывод составляющих полей E и H . Волна H_{10} в прямоугольном волноводе. Картина силовых линий поля H и E . Е-волны в прямоугольном волноводе, вывод составляющих полей E и H . Волна E_{11} . Картина силовых линий поля H и E .

Тема 3. Поверхностные токи в стенках волноводов.

Вывод соотношения между поверхностной плотностью тока и напряженностью магнитного поля около стенки волновода. Линии поверхностного тока для основного типа волны в прямоугольном волноводе.

Тема 4. Волны в круглом цилиндрическом волноводе.

Волны в круглом цилиндрическом волноводе. Н-волны в прямоугольных волноводах, вывод составляющих полей E и H . Основной тип волны. Картина силовых линий. Волна E_{01} в круглом цилиндрическом волноводе. Картина силовых линий.

Тема 5. Распространение электромагнитных волн в волноводах с потерями.

Распространение электромагнитных волн в волноводах с потерями. Вывод общей формулы коэффициент затухания. Коэффициент затухания для основного типа волны в прямоугольном волноводе.

Тема 6. Характеристическое и эквивалентное сопротивление волновода.

Характеристическое и эквивалентное сопротивление волновода. Согласование волноводов. Три способа определения эквивалентного сопротивления волновода.

Тема 7. Объемные резонаторы. Прямоугольный резонатор. Круглый цилиндрический резонатор.

Объемные резонаторы. Способ определения структуры полей в резонаторе с использованием структуры поля в волноводе. Прямоугольный резонатор, колебания Н-типа и Е-типа. Круглый цилиндрический резонатор. Колебания типа H_{mnl} . Поле колебаний H_{011} . Колебания типа E_{mnl} . Поле колебаний E_{01m} . Вырожденные типы колебаний в цилиндрических резонаторах.

Тема 8. Добротность объемного резонатора.

Добротность объемного резонатора, общие определения Собственная, внешняя и нагруженная добротность. Расчет добротности прямоугольного резонатора с колебаниями типа H_{01n} .

Тема 9. Волны в замедляющих системах.

Типы замедляющих систем. Волны в замедляющих системах. Коэффициент замедления. Пространственные гармоники поля замедленной волны.

Тема 10. Генераторы СВЧ. Отражательный клистрон.

Генераторы СВЧ. Отражательный клистрон. Устройство и принцип действия. Зависимость мощности и частоты от напряжения на отражателе.

Тема 11. Генератор на лампе бегущей волны.

Генератор на лавинно-пролетном диоде. Устройство и принцип действия. Характеристики генератора на лавинно-пролетном диоде.

Тема 12. Генератор на диоде Ганна.

Генератор на диоде Ганна. Устройство и принцип действия. Режимы работы генератора. Характеристики генератора.

Тема 13. Усилители СВЧ. Лампа бегущей волны типа О.

Усилители СВЧ. Лампа бегущей волны типа О. Устройство и принцип действия. Назначение магнитного поля, поглотителя. Коэффициент усиления.

Тема 14. Измерения на СВЧ. Измерение полных сопротивлений в диапазоне СВЧ при помощи измерительной линии.

Понятие полного сопротивления на примере диафрагм. Емкостные и индуктивные диафрагмы, резонансное окно. Связь полного сопротивления нагрузки с коэффициентом отражения. Устройство и принцип действия измерительной линии. Понятие условного конца линии.

Тема 15. Измерение полных сопротивлений в диапазоне СВЧ при помощи поляризационного измерителя.

Понятие полного сопротивления на примере диафрагм. Емкостные и индуктивные диафрагмы, резонансное окно. Связь полного сопротивления нагрузки с коэффициентом отражения. Устройство и принцип действия поляризационного измерителя. Калибровка измерения фазы коэффициента отражения.

Тема 16. Измерение мощности в диапазоне СВЧ при помощи терморезисторного измерителя.

Устройство и принцип действия терморезисторного измерителя. Режимы работы. Измеритель с автоматической балансировкой моста.

Тема 17. Измерение мощности в диапазоне СВЧ при помощи термоэлектрического измерителя

Устройство и принцип действия термоэлектрического измерителя. Назначение согласующего каскада. Блок-схема УПТ с преобразованием напряжения.

Тема 18. Измерение элементов матрицы рассеяния четырехполюсника в диапазоне СВЧ

Понятие о матрице рассеяния четырехполюсника. Методика измерения параметров матрицы рассеяния симметричных пассивных волноводных четырехполюсников трехсантиметрового диапазона.

Тема 19. Измерение нагруженной добротности объемных резонаторов

Знакомство с понятием "добротность" в применении к объемному резонатору в колебательной системе диапазона СВЧ, с различными методами измерения добротности объемных резонаторов. Измерение добротности объемных резонаторов методом резонансных характеристик.

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

Википедия - <http://ru.wikipedia.org>

Научная библиотека им. Н.И.Лобачевского - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=5056

Электронно-библиотечная система - <http://ibooks.ru>

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)

Википедия - <http://ru.wikipedia.org>

Все для студента - <http://www.twirpx.com/>

Научная библиотека им. Н.И.Лобачевского - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=5056

Электронно-библиотечная система - <http://ibooks.ru>

Электронные книги - <http://eknigi.org/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В принципе сведения об электродинамике сверхвысоких частот можно почерпнуть из рекомендованных учебников и монографий. Изучение материала значительно облегчается при посещении лекций: преподаватель уже тщательно обдумал порядок и форму изложения материала, что очень облегчает студентам его усвоение. На лекциях студентам следует обращать особое внимание на логику излагаемого материала, не лениться записывать словесные связи между приводимыми или выводимыми математическими формулами. Углублённое проникновение в тему достигается путём дополнительного использования книг из набора 'Основная литература'.
практические занятия	Решение задач по электродинамике сверхвысоких частот направлено на закрепление знаний, полученных на лекциях. Все задачи связаны с относительно простыми расчетами, для которых следует использовать калькулятор. Расчеты следует проводить с точностью, указанной преподавателем. Посещение практических занятий и активная работа на них, а также выполнение домашних заданий существенно упрощает успешное решение контрольной работы, которой заканчивается цикл практических занятий.
лабораторные работы	Занятия в лабораториях - важная работа для закрепления теоретических знаний. Требуется проводить эксперименты и их обработку строго в соответствии с методическими рекомендациями к работам. Настоятельно рекомендуется пользоваться при постановке экспериментов, обработке данных и оформлении отчётов собственным компьютером (ноутбуком).
самостоятельная работа	Самостоятельная работа осуществляется студентом индивидуально и включает работу с конспектом лекций и работу с рекомендованной литературой, а также подготовку к тестовым и контрольным (письменным) работам. Особое внимание следует обратить на изучение вопросов, которые преподаватель дал для самостоятельного изучения.
зачет	Подготовка к сдаче зачета является ответственным периодом в работе студента. Рекомендуется так организовать свою учебу, чтобы к зачету были сданы все лабораторные работы, успешно написана контрольная работа. Основное в подготовке к зачету - это повторение всего материала курса "Электродинамика СВЧ". Если студент хорошо работал в семестре, не пропускал лекции, слушал их внимательно, конспектировал, изучал рекомендованную литературу, решал заданные на дом задачи - сдать зачет для него не составит никакого труда. Если нет - то в процессе подготовки к зачету ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к зачету будет трудным делом.

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.

Специализированная лаборатория.

Специализированная лаборатория.

Специализированная лаборатория.

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: 2025

Основная литература:

1. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие / А.А. Кураев, Т.Л. Попкова, А.К. Сеницын. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 424 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-006211-2, 500 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=367972>
2. Фальковский, О.И. Техническая электродинамика [Электронный ресурс] : учеб. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2009. ? 432 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/403>.
3. Электродинамика: Учебное пособие / И.Ф. Будагян, В.Ф. Дубровин, А.С. Сигов. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 304 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Магистратура). (переплет) ISBN 978-5-98281-329-9, 1000 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=391337>
4. Физика. Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны: Учебное пособие / С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 231 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-9558-0332-6, 500 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=424601>

Дополнительная литература:

1. Лебедев, И.В. Техника и приборы СВЧ : в 2 томах - Москва : Высшая школа, 1970. - Т1. - 437 с.
2. Бердышев, В. П. Радиолокационные системы [Электронный ресурс] : учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин [и др.]; под общ. ред. В. П. Бердышева. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 400 с. - ISBN 978-5-7638 2479-7. <http://www.znanium.com/bookread.php?book=442536>

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: 2025

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.