МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Е.А. Турилова
17 февраля 2023 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Резонаторы

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика
Профиль подготовки: Прикладная математика
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

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): ассистент, б.с. Маркина А.Г. (кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта, отделение прикладной математики и информатики), AngGMarkina@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 знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике
ПК-5	Способность проводить математическое и компьютерное моделирование, в соответствии с исходными данными задач исследуемой области

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные понятия, положения, законы процессов и явлений, происходящих при распространении волн в однородных и неоднородных средах, а также методы фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин для понимания сущности проблемы;

- методы и принципы построения физических и математических моделей, математические зависимости, позволяющие составлять математические модели, описывающие процессы и явления, происходящих при распространении волн в однородных и неоднородных средах.

Должен уметь:

- приводить научные положения и факты для обоснования сущности проблемы, пополнять и применять знания в области излучения и распространения электромагнитных волн в как в свободном пространстве, так и в направляющих структурах;

- применять методы построения физических и математических моделей, проводить математическое моделирование, в соответствии с исходными данными задач исследуемой области, компьютерное моделирование и расчеты с использованием программных продуктов, например, Ansys HFSS или Altair FEKO.

Должен владеть:

-методами проведения аналитических и численных расчетов, современными проблемами естественных наук и математики, навыками использования для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности соответствующего физико-математического аппарата;

- опытом разработки математических моделей, в соответствии с исходными данными задач исследуемой области, опытом математического и компьютерного моделирования, с использованием методов системного подхода.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.16.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.04 "Прикладная математика (Прикладная математика)" и относится к дисциплинам по выбору 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 - 36 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 36 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 72 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	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	
1.	Тема 1. Тема 1. Излучение и распространение электромагнитных волн.	7	0	0	0	0	10	0	20
2.	Тема 2. Тема 2. Электромагнитные волны в направляющих структурах.	7	0	0	0	0	12	0	24
3.	Тема 3. Тема 3. Резонансные структуры.	7	0	0	0	0	14	0	28
	Итого		0	0	0	0	36	0	72

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Тема 1. Излучение и распространение электромагнитных волн.

Строение ионосферы и распространение в ней радиоволн. Плоская электромагнитная волна. Уравнения электромагнитного поля. Решение уравнений Максвелла для однородной, линейной, непроводящей, незаряженной среды для случая, когда поля зависят только от z и t. Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля. Опыты Герца. Вывод волнового уравнения. Волновое уравнение для сред с потерями.

Тема 2. Тема 2. Электромагнитные волны в направляющих структурах.

Волны в прямоугольных волноводах. Поверхностные токи в стенках волноводов. Волны в круглом цилиндрическом волноводе. Н-волны в волноводах, вывод составляющих полей Е. Распространение электромагнитных волн в волноводах с потерями. потерями. Вывод общей формулы коэффициент затухания. Коэффициент затухания для основного типа волны в прямоугольном волноводе.

Тема 3. Тема 3. Резонансные структуры.

Прямоугольный резонатор, колебания Н-типа и Е-типа. типа. Круглый цилиндрический резонатор. Колебания типа Hml. Линейный симметричный вибратор. Микрополосковые антенны. Рупорные антенны. Излучение антенн. Основные электродинамические характеристики антенн. Влияние земли на направленные свойства антенн.

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 №14-55-996ин/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)

Видеоуроки по моделированию в Ansys HFSS - https://www.cadfem-cis.ru/knowledge/video-cadfem/electromagnetics-hf/

Учебное пособие по моделированию в Ansys HFSS - https://study.urfu.ru/Aid/Publication/13745/1/%D0%97%D0%B5%D0%B9%D0%B4%D0%B5_%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%95

Учебное пособие: Распространение и дифракция электромагнитных волн - https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F477568820/pdew22.pdf

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

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	При выполнении лабораторных работ необходимо использовать теоретический материал из предложенного списка литературы. Все работы ориентированы на изучение процессов и явлений, происходящих при распространении волн в однородных и неоднородных средах. Учебный материал по каждой работе излагается подробно и содержит необходимые пояснительные ссылки и учебные примеры. Текущие задания на лабораторные работы выдаются каждую неделю на практическом занятии. Реализация данной дисциплины предполагает как очное, так и дистанционное форму обучения.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоя-тельная работа	Изучение данного курса предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над теоретическим материалом, текстами рекомендованных учебников и учебных пособий. Основной целью самостоятельных занятий является углубленное изучение области излучения и распространения электромагнитных волн в как в свободном пространстве, так и в направляющих структурах. При подготовке к каждому занятию необходимо обратиться к рекомендованным учебным пособиям. Самостоятельная работа по изучению курса предполагает вне аудиторную работу. Этапы выполнения самостоятельных работ: 1. Просмотр учебного пособия и рекомендуемой литературы по теме задания. 2. Составление резюме прочитанной главы соответствующего раздела рекомендуемого теоретического источника или учебника. 3. Выполнение заданий по теме и их комментирование.
зачет	При подготовке к зачету обучающемуся рекомендуется составить план процесса подготовки, включающей изучение, повторение, систематизацию, логическую обработку материала, анализ полученной информацией с выявлением возможных следствий и неявных свойств объектов, составлением списка возможных дополнительных вопросов и заданий, подготовку к выполнению практических задач по темам дисциплины.

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.

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 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки "Прикладная математика".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.16.01 Резонаторы

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика
Профиль подготовки: Прикладная математика
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

1. Муромцев, Д. Ю. 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: 30.06.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Панченко, Б. А. Антенны : учебное пособие для вузов. / Панченко Б. А. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2017. - 122 с. - ISBN 978-5-9912-0445-3. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991204453.html (дата обращения: 30.06.2023). - Режим доступа : по подписке.

3. Ротхаммель, К. Антенны / К. Ротхаммель, А. Кришке. - 11-е изд., испр. - Москва : ДМК Пресс, [б. г.]. - Том 1 - 2009. - 416 с. - ISBN 5-85648-715-X. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/818 (дата обращения: 30.06.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Ротхаммель, К. Антенны / К. Ротхаммель, А. Кришке. - 11-е изд., испр. - Москва : ДМК Пресс, [б. г.]. - Том 2 - 2009. - 416 с. - ISBN 5-85648-716-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/819 (дата обращения: 30.06.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Иванов, Б. И. Техническая электродинамика : учебное пособие / Б. И. Иванов, Ю. О. Филимонова, Е. А. Муценик, К. А. Лайко. - Новосибирск : НГТУ, 2018. - 115 с. - ISBN 978-5-7782-3549-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/118191 (дата обращения: 30.06.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Грабко, Г. И. Распространение электромагнитных волн в длинных линиях и волноводах : учебное пособие / Г. И. Грабко. - Чита : ЗабГУ, 2021. - 118 с. - ISBN 978-5-9293-2823-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/271760 (дата обращения: 30.06.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Мишустин, Б. А. Электродинамическое моделирование антенных и СВЧ структур с использованием FEKO / Мишустин Б. А. , Лаврецкий Е. И - Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2017. - 412 с. - ISBN 978-5-91359-252-1. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913592521.html (дата обращения: 30.06.2023). - Режим доступа : по подписке.

3. Банков, С. Е. Моделирование антенн и СВЧ структур с помощью HFSS / Банков С. Е. , Курушин А. А. - Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2018. - 280 с. - ISBN 978-5-91359-303-0. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913593030.html (дата обращения: 30.06.2023). - Режим доступа : по подписке.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.16.01 Резонаторы

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

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Прикладная математика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

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.