

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

Методы решения нелинейных дифференциальных уравнений

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): доцент, д.н. (доцент) Тимербаев М.Р. (кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта, отделение прикладной математики и информатики), Marat.Timerbaev@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
ПК-2	Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформлять результаты исследований и разработок
ПК-6	Способность применять знания естественно-математического цикла, а также практический опыт при проведении научных исследований

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Знает языки, утилиты и среды программирования, методы и средства, методологии разработки программного обеспечения и техно-логии программирования, методы и средства проектирования программных интерфейсов, методы и средства проектирования баз данных, основные практические приемы интеграции программных модулей и компонент, включая компоненты, реализованных с помощью разных языков и технологий программирования, методы и средства верификации работоспособности выпусков программных продуктов.

Должен уметь:

Умеет применять методы и средства сборки модулей и компонент программного обеспечения, выполнять процедуры сборки программных модулей и компонент в программный продукт, интегрировать разнородное программное обеспечение в единую информационную систему, применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов.

Должен владеть:

Владеет практическим опытом разработки процедур сборки модулей и компонент программного обеспечения, интеграции программных модулей и компонент, опытом проектирования структур данных, баз данных, программных интерфейсов и программного обеспечения.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания в своей профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.14.02 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	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	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Задача Коши для системы ОДУ. Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты: 2-,3-,4-этапные.	7	0	0	0	0	6	0	12
2.	Тема 2. Двухточечная краевая задача. Разностные схемы решения двухточечной краевой задачи.	7	0	0	0	0	4	0	12
3.	Тема 3. Двухточечная краевая задача. Метод конечных элементов решения двухточечной краевой задачи.	7	0	0	0	0	12	0	18
4.	Тема 4. Двухточечная краевая задача со слабой нелинейностью. Итерационные методы решения.	7	0	0	0	0	4	0	12
5.	Тема 5. Нелинейная краевая задача. Итерационные методы решения.	7	0	0	0	0	10	0	18
	Итого		0	0	0	0	36	0	72

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Задача Коши для системы ОДУ. Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты: 2-,3-,4-этапные.

Система обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Модельные примеры. Метод Эйлера как простейший численный метод решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Рунге-Кутты решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

Тема 2. Двухточечная краевая задача. Разностные схемы решения двухточечной краевой задачи.

Двухточечная краевая задача. Разностные схемы решения двухточечной краевой задачи. Способы построения разностных схем для двухточечной краевой задачи. Условия на коэффициенты разностного оператора, обеспечивающие второй порядок аппроксимации. Оценки погрешности разностных схем для двухточечной краевой задачи.

Тема 3. Двухточечная краевая задача. Метод конечных элементов решения двухточечной краевой задачи.

Двухточечная краевая задача. Метод конечных элементов численного решения двухточечной краевой задачи. Кусочно-полиномиальный базис в методе конечных элементов. Численное интегрирование в методе конечных элементов: квадратуры Гаусса и Гаусса-Лобатто. Оценки погрешности метода конечных элементов для двухточечной краевой задачи.

Тема 4. Двухточечная краевая задача со слабой нелинейностью. Итерационные методы решения.

Метод простой итерации для краевой задачи со слабой нелинейностью в дифференциальной формулировке. Конечно-разностная и конечно-элементная варианты дискретизации итерационного процесса. Дискретизация метода простой итерации для краевой задачи со слабой нелинейностью. Метод Ньютона для краевой задачи со слабой нелинейностью в дифференциальной формулировке. Дискретизация метода Ньютона для краевой задачи со слабой нелинейностью.

Тема 5. Нелинейная краевая задача. Итерационные методы решения.

Метод простой итерации для нелинейной краевой задачи в дифференциальной формулировке. Конечно-разностная и конечно-элементная варианты дискретизации итерационного процесса. Дискретизация метода простой итерации для нелинейной краевой задачи. Метод Ньютона для нелинейной краевой задачи в дифференциальной формулировке. Дискретизация метода Ньютона для нелинейной краевой задачи.

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)

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>

Портал ресурсов по естественно-научным дисциплинам - <http://en.edu.ru/>

Сайт образовательных ресурсов по математике - <http://www.exponenta.ru/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков в результате выполнения лабораторных работ для более глубокого понимания разделов дисциплины на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы. Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к зачету и экзамену. При подготовке к сдаче зачета и экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к зачету и экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.
зачет	Для подготовки к зачету необходимо глубокое понимание изложенного материала. Кроме этого, полезно ознакомиться с более подробным изложением материала в учебнике. Подготовка к зачету предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

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.

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

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.14.02 Методы решения нелинейных дифференциальных уравнений

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. Арнольд, В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения [Электронный ресурс] : учебник / В.И. Арнольд. ? Электрон. дан. ? Москва : МЦНМО, 2012. ? 341 с. URL:https://e.lanbook.com/book/56392?category_pk=912#book_name
2. Козловских, А.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения (Исследование методов решений с помощью MAPLE и MATLAB) [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Козловских. ? Электрон. дан. ? Томск : ТПУ, 2013. ? 168 с. URL:https://e.lanbook.com/book/45170?category_pk=912#book_name
3. Демидович, Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2010. ? 400 с. URL:https://e.lanbook.com/book/537?category_pk=915#authors
4. Бахвалов Н.С. Численные методы / Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.; : Учебное пособие - Издательство 'Лаборатория знаний', 2015.
- 639 с. URL:https://e.lanbook.com/book/70767?category_pk=915#authors
5. Амосов А.А. Вычислительные методы [Электронный ресурс] / Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. - СПб.: Лань, 2014. - 672 с.
URL: https://e.lanbook.com/book/42190?category_pk=915#authors

Дополнительная литература:

1. Агафонов, С.А. Дифференциальные уравнения [Электронный ресурс] : учебник / С.А. Агафонов, А.Д. Герман, Т.В. Муратова. ? Электрон. дан. ? Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. ? 347 с.
URL:https://e.lanbook.com/book/106546?category_pk=912#authors
1. Фаддеев Д.К. Вычислительные методы линейной алгебры [Электронный ресурс] / Фаддеев Д.К., Фаддеева В.Н. - СПб.: Лань, 2009. - 736 с.
URL: https://e.lanbook.com/book/400?category_pk=915#authors
2. Шевцов Г.С. Численные методы линейной алгебры. [Электронный ресурс] / Шевцов Г.С., Крюкова О.Г., Мызникова Б.И. - СПб.: Лань, 2011. - 496 с.
URL: https://e.lanbook.com/book/1800?category_pk=915#authors
3. Киреев В.И. Численные методы в примерах и задачах [Электронный ресурс] / Киреев В.И. Пантелеев А.В. - СПб.: Лань, 2015. - 448 с.
ЭБС 'Лань' URL: https://e.lanbook.com/book/65043?category_pk=915#authors
4. Срочко В.А. Численные методы. Курс лекций [Электронный ресурс] / Срочко В.А. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2010. ? 208 с. ? URL:
https://e.lanbook.com/book/378?category_pk=915#authors

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.14.02 Методы решения нелинейных дифференциальных
уравнений

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 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.