

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
_____ Турилова Е.А.
"___" _____ 20__ г.

Программа дисциплины
Дополнительные главы математической физики

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика
Профиль подготовки: Методы математического моделирования
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2024

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) Глазырина Л.Л. (кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта, отделение прикладной математики и информатики), glazyrina-ludmila@ya.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 обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области прикладной математики
ПК-1	Готовность к преподавательской деятельности и проведению учебно-производственного процесса по образовательным программам различного уровня и направленности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные понятия и положения, лежащие в основе данной математической дисциплины.

Должен уметь:

применять общие принципы функционального анализа и математической физики к решению различных прикладных проблем как при построении и обосновании различных приближенных методов, так и при построении математических моделей новых прикладных задач.

Должен владеть:

пониманием роли и места функционального анализа, теории функций в современном математическом моделировании, в вычислительной математике, в теории экстремальных.

Должен демонстрировать способность и готовность:

использовать полученные знания в процессе подготовки к сдаче экзамена кандидатского минимума по специальностям вычислительная математика.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.04 "Прикладная математика (Методы математического моделирования)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1 курсе в 2 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 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 34 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 34 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 74 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 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	Лаборато- рные работы, всего	Лаборато- рные в эл. форме	
1.	Тема 1. Уравнения с ограниченным положительно определенным оператором. Лемма Лакса-Мильграма. Итерационный метод решения уравнения с ограниченным положительно определенным оператором.	2	0	0	0	0	3	0	6
2.	Тема 2. Уравнения с ограниченным самосопряженным положительно определенным оператором. Задача на минимум квадратичного функционала. Метод Рунца.	2	0	0	0	0	3	0	6
3.	Тема 3. Метод Галеркина.	2	0	0	0	0	2	0	8
4.	Тема 4. Обобщенные производные. Определение. Основные свойства. Пример неограниченной функции, имеющей обобщенные производные	2	0	0	0	0	2	0	6
5.	Тема 5. Пространства Соболева. Неравенства Фридрихса и Пуанкаре. Теорема Реллиха. Понятие о следах функций из пространства Соболева. Формула интегрирование по частям. Критерий принадлежности функции пространству Соболева.	2	0	0	0	0	3	0	6
6.	Тема 6. Понятия о теоремах вложения. Доказательства простейших теорем вложения. Теорема об эквивалентных нормировках. Примеры применения.	2	0	0	0	0	3	0	6
7.	Тема 7. Обобщенные решения основных краевых задач для эллиптического уравнения второго порядка в дивергентной форме. Исследование разрешимости на основе леммы Лакса-Мильграма. Исследование разрешимости третьей краевой задачи. Исследование разрешимости задачи Неймана.	2	0	0	0	0	3	0	6
8.	Тема 8. Исследование разрешимости краевых задач для систем уравнений теории упругости. Неравенство Корна.	2	0	0	0	0	3	0	6
9.	Тема 9. Исследование разрешимости краевых задач для эллиптических уравнений на основе теории Фредгольма.	2	0	0	0	0	3	0	6
10.	Тема 10. Квазилинейные эллиптические уравнения. Оператор Немыцкого. Уравнения с сильно монотонным и липшиц-непрерывным оператором. Уравнения с монотонным оператором (метод регуляризации).	2	0	0	0	0	3	0	6

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	
11.	Тема 11. Задача на собственные значения для оператора Лапласа в прямоугольнике. Асимптотика собственных значений. Вариационный метод исследования задачи на собственные значения для эллиптического оператора второго порядка.	2	0	0	0	0	3	0	6
12.	Тема 12. Ряды Фурье по собственным функциям. Минимаксный принцип Куранта-Фишера. Теоремы сравнения и их применения. Метод Ритца решения задач на собственные значения. Задача на собственные значения для оператора теории упругости.	2	0	0	0	0	3	0	6
	Итого		0	0	0	0	34	0	74

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Уравнения с ограниченным положительно определенным оператором. Лемма Лакса-Мильграма. Итерационный метод решения уравнения с ограниченным положительно определенным оператором.

В гильбертовом пространстве рассматривается абстрактное операторное уравнение с линейным оператором. В случае, когда оператор обладает свойствами ограниченности и положительной определенности, доказывается теорема однозначной разрешимости. В литературе доказанный результат известен как лемма Лакса-Мильграма.

Тема 2. Уравнения с ограниченным самосопряженным положительно определенным оператором. Задача на минимум квадратичного функционала. Метод Ритца.

Доказывается эквивалентность формулировки операторного уравнения с самосопряженным, положительно определенным оператором и задачи на минимум квадратичного функционала. Для решения этой задачи рассматривается метод Ритца, формулируются условия сходимости этого метода, доказывается теорема о сходимости.

Тема 3. Метод Галеркина.

Аудитория знакомится с наиболее распространенным в настоящее время приближенным методом решения стационарных задач математической физики - методом Галеркина. Дается формулировка приближенной модели, исследуется сходимость этого метода для абстрактного операторного уравнения в гильбертовом пространстве.

Тема 4. Обобщенные производные. Определение. Основные свойства. Пример неограниченной функции, имеющей обобщенные производные

Дается определение обобщенной производной, на различных примерах проводится сравнение вновь введенного понятия с классическим. В частности для двумерного случая в ограниченной области приводится пример неограниченной в этой области функции, интегрируемой с квадратом и имеющей обобщенные производные первого порядка.

Тема 5. Пространства Соболева. Неравенства Фридрихса и Пуанкаре. Теорема Реллиха. Понятие о следах функций из пространства Соболева. Формула интегрирование по частям. Критерий принадлежности функции пространству Соболева.

Дается определение пространства Соболева. Обсуждаются доказательства неравенств Фридрихса и Пуанкаре. Обосновывается формула интегрирование по частям. Формулируется критерий принадлежности функции пространству Соболева. Вводится понятие следа функции из пространства Соболева. Доказывается теорема Реллиха.

Тема 6. Понятия о теоремах вложения. Доказательства простейших теорем вложения. Теорема об эквивалентных нормировках. Примеры применения.

Вводится понятие о теоремах вложения пространств Соболева и Лебеговых пространств. Приводятся доказательства простейших теорем вложения. Доказывается теорема об эквивалентных нормировках. Рассматриваются вопросы аппроксимации элементов пространств Соболева и Лебега гладкими функциями. В частных случаях получены оценки точности этих приближений.

Тема 7. Обобщенные решения основных краевых задач для эллиптического уравнения второго порядка в дивергентной форме. Исследование разрешимости на основе леммы Лакса-Мильграма. Исследование разрешимости третьей краевой задачи. Исследование разрешимости задачи Неймана.

Рассматривается первая краевая задача для эллиптического уравнения второго порядка с пространственным оператором в дивергентной форме. Дается определение обобщенного решения из пространства Соболева. С помощью леммы Лакса-Мильграма доказываются теоремы о существовании и единственности обобщенного решения.

Тема 8. . Исследование разрешимости краевых задач для систем уравнений теории упругости. Неравенство Корна.

В случае смешанной краевой задачи для системы линейных уравнений теории упругости доказывается однозначная разрешимость в классе обобщенных функций. При этом предполагается, что порождаемая пространственным оператором квадратичная форма положительно определена. Доказывается также неравенство Корна для первой краевой задачи.

Тема 9. . Исследование разрешимости краевых задач для эллиптических уравнений на основе теории Фредгольма.

На основе теории Фредгольма проводится исследование обобщенной разрешимости в Соболевских пространствах первой краевой задачи для эллиптического уравнения второго порядка с большими по модулю коэффициентами при младших членах. Полученный результат не обеспечивает однозначную разрешимость рассматриваемой задачи.

Тема 10. Квазилинейные эллиптические уравнения. Оператор Немыцкого. Уравнения с сильно монотонным и липшиц-непрерывным оператором. Уравнения с монотонным оператором (метод регуляризации).

Изучаются и обосновываются свойства оператора Немыцкого. Используя свойства этого оператора, доказывается теорема существования и единственности обобщенного решения для эллиптического уравнения с сильно монотонным и липшиц-непрерывным оператором. С помощью метода регуляризации доказывается разрешимость уравнения с монотонным оператором.

Тема 11. Задача на собственные значения для оператора Лапласа в прямоугольнике. Асимптотика собственных значений. Вариационный метод исследования задачи на собственные значения для эллиптического оператора второго порядка.

С помощью метода разделения переменных решается задача на собственные значения для оператора Лапласа в прямоугольнике. Получены оценки роста собственных значений в зависимости от размерности пространства. Рассматривается также вариационный метод исследования задачи на собственные значения для эллиптического оператора второго порядка.

Тема 12. Ряды Фурье по собственным функциям. Минимаксный принцип Куранта-Фишера. Теоремы сравнения и их применения. Метод Ритца решения задач на собственные значения. Задача на собственные значения для оператора теории упругости.

Исследуется сходимость рядов Фурье по собственным функциям в нормах пространств Соболева и Лебега. Излагаются способ отыскания собственных чисел с помощью минимаксного принципа Куранта-Фишера и метод Ритца решения задач на собственные значения. Исследуется полнота системы собственных функций в классе обобщенных функций.

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

Емельянов В.М., Рыбакина Е.А. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач. - Санкт-Петербург: Лань, 2008. - 224 с. - <http://e.lanbook.com/view/book/140/>

Ильин А. М. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] / А. М. Ильин. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. -192 с. - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2181

Павлова М.Ф., Тимербаев М.Р. Пространства Соболева - http://old.kpfu.ru/f9/bin_files/SobolevSpace.pdf

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 планируемому результату 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)

Емельянов В.М., Рыбакина Е.А. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач. - Санкт-Петербург: Лань, 2008. - 224 с. - <http://e.lanbook.com/view/book/140/>

Ильин А. М. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] / А. М. Ильин. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. -192 с. - ISBN 978-5-9221-1036-5. - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2181

Павлова М.Ф., Тимербаев М.Р. Пространства Соболева - http://old.kpfu.ru/f9/bin_files/SobolevSpace.pdf

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 для более глубокого понимания разделов дисциплины при выполнении лабораторной работы. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа по изучению курса предполагает внеаудиторную работу, которая включает выполнение ряд самостоятельных работ.</p> <p>Этапы выполнения самостоятельных работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Просмотр записей лекционного курса 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. <p>При решении задач рекомендованы сборники, в которых каждый раздел или ответы к разделу предваряются подробными решениями. Приступая к решению задач, рекомендуем внимательно изучить методы их решения.</p>
экзамен	<p>Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Экзамен проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.</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.

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 01.04.04 "Прикладная математика" и магистерской программе "Методы математического моделирования".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.02 Дополнительные главы математической физики

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Методы математического моделирования

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Основная литература:

1. Карчевский, М. М. Уравнения математической физики. Дополнительные главы : учебное пособие / М. М. Карчевский, М. Ф. Павлова. - 2-е изд., доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 276 с. - ISBN 978-5-8114-2133-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212288> (дата обращения: 12.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кудряшов, Н. А. Методы нелинейной математической физики : учебное пособие / Н. А. Кудряшов. - 2-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 364 с. - ISBN 978-5-91559-088-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/247670> (дата обращения: 12.01.2024). - Режим доступа: по подписке.
3. Люстерник, Л. А. Краткий курс функционального анализа : учебное пособие / Л. А. Люстерник, В. И. Соболев. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 272 с. - ISBN 978-5-8114-0976-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210290> (дата обращения: 12.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Емельянов, В. М. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач : учебное пособие для вузов / В. М. Емельянов, Е. А. Рыбакина. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 216 с. - ISBN 978-5-8114-7173-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/156410> (дата обращения: 12.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Соболева, Е. С. Задачи и упражнения по уравнениям математической физики : учебное пособие / Е. С. Соболева, Г. М. Фатеева. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 96 с. - ISBN 978-5-9221-1053-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5295> (дата обращения: 12.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Лесин, В. В. Уравнения математической физики : учебное пособие / В.В. Лесин. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2023. - 240 с. - ISBN 978-5-906818-61-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2126799> (дата обращения: 12.01.2024). - Режим доступа: по подписке.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.02 Дополнительные главы математической физики

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

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Методы математического моделирования

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

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.