

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Прямые методы в математической физике» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика. – 11 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Прямые методы в математической физике» составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 года № 13 (с изменениями и дополнениями), зарегистрированного в Министерстве юстиции Российской Федерации 06 февраля 2018 года за № 49939, учебного плана по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, (магистерская программа «Математическое моделирование сложных систем») и Положения о рабочей программе учебной дисциплины в ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля».

СОСТАВИТЕЛЬ

канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики Щелоков В. С.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры прикладной математики

18 апреля 2023 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой прикладной математики _____ Малый В. В.

Переутверждена: «___» _____ 20__ г., протокол № _____

Согласована:

Декан факультета компьютерных систем и информационных технологий _____ Кочевский А. А.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий

19 апреля 2023 г., протокол № 8

Председатель учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий _____ Ветрова Н. Н.

© Щелоков В. С., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – формирование у студентов знаний и навыков работы по созданию и исследованию математических моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных, допускающих гладкие решения.

Задачи: формирование базовых знаний в области оптимального управления сложными динамическими системами; приобретение навыков постановки задач оптимизации, возникающих в математической физике; овладение аналитическими и численными методами решения прикладных задач оптимизации сложных систем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Прямые методы в математической физике» входит в блок дисциплин части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Математический анализ»; «Уравнение математической физики»; «Теория функций комплексного переменного» и служит основой для освоения дисциплин: «Математические модели природных систем», «Математические модели социально-экономических систем».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Студенты, завершившие изучение дисциплины «Прямые методы в математической физике», должны

знать: место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях; современные проблемы теории оптимизации сложных динамических систем; основные современные методы решения задач оптимального управления сложными системами; новейшие открытия в естествознании; постановку проблем физико-математического и компьютерного моделирования; о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь: эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы; представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания; использовать современную вычислительную технику; абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций; планировать оптимальное проведение вычислительного эксперимента.

владеть навыками: планирования, постановки и обработки результатов вычислительного эксперимента; навыками самостоятельной работы на современной вычислительной технике; математического моделирования сложных систем и управления этими системами.

Перечисленные результаты образования являются основой для формирования следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы (ОПОП ВО):

профессиональных:

ПК-2 способен активно участвовать в построении и исследовании новых математических моделей в естественных науках и определять возможные области их применения

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (з.е.)		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Объем учебной дисциплины (всего)	144 (4 з.е.)	144 (4 з.е.)	-
Обязательная аудиторная учебная нагрузка дисциплины (всего) в том числе:	56	32	-
Лекции	28	16	-
Семинарские занятия	-	-	-
Практические занятия	28	16	-
Лабораторные работы	-	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-	-
Индивидуальное задание	18	18	-
Самостоятельная работа студента (всего)	88	112	-
Форма аттестации	зачет	зачет	-

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение. Роль оптимизации в математической физике

Простейшая задача вариационного исчисления. Слабый и сильный экстремум. Участки одностороннего экстремума. Уравнение Эйлера. Условие Вейерштрасса-Эрдмана. Существование решения вариационной задачи. Случаи вырождения. Задача Бернулли. Пример Вейерштрасса. Системы с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Закон Ньютона, принцип наименьшего времени Ферма, вариационные принципы газовой динамики, магнитной гидродинамики.

Тема 2. Прямые методы оптимизации и их применение в математической физике

Абстрактная постановка задачи аппроксимации, каркас решения, восполнение каркаса. Мера аппроксимации решения непрерывной

задачи оптимизации конечномерной задачей. Способы приближения решений.

Обзор основных методов численного решения задач безусловной оптимизации: градиентные методы, метод Ньютона, метод сопряженных градиентов

Обзор основных методов численного решения задач условной оптимизации, возникающих в математической физике: методы спуска, методы штрафных функций, метод локальных вариаций

Знакомство с современными пакетами оптимизации: ДИСО, DАСОТА. Важность работы с пакетом в диалоговом режиме.

Обзор задач оптимизации аэродинамических характеристик крыловых профилей. Методы решения подобных задач. Сведение задач оптимизации профиля к решению обратных краевых задач.

Обтекание цилиндра и произвольного профиля потоком идеальной несжимаемой жидкости. Постановка задачи оптимизации профиля.

Обратная задача теории профиля. Ее решение. Задача о нахождении оптимального профиля в потоке вязкой жидкости.

Тема 3. Метод множителей Лагранжа и оптимизационные задачи математической физики

Относительный экстремум функции многих переменных. Метод множителей Лагранжа.

Обтекание плоской дуги сверхзвуковым потоком совершенного газа. Характеристики течения. Область зависимости решения. Постановка задачи выбора оптимальной дуги. Решение этой задачи для случая

линеаризованного сверхзвукового течения и для случая гиперзвукового течения Ньютона. Метод контрольного контура Никольского. Сопряженная задача. Исследование решения оптимизационной задачи.

Общая идея метода множителей Лагранжа для задач с распределенными параметрами. Применение общего метода множителей Лагранжа к решению задачи построения оптимальной формы плоского крылового профиля.

Задача об оптимальном управлении тепловым процессом.

Тема 4. Метод быстрого автоматического дифференцирования (БАД-методология) и его применение к оптимизационным задачам математической физики.

Описание методологии быстрого автоматического дифференцирования. Ее преимущества.

Задача оптимального управления нестационарным процессом, описываемым уравнением Бюргерса. Решение этой задачи с помощью методологии быстрого автоматического дифференцирования.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов
-------	---------------	-------------

		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Тема 1.	Введение. Роль оптимизации в математической физике	6	4	
Тема 2.	Прямые методы оптимизации и их применение в математической физике	6	4	-
Тема 3.	Метод множителей Лагранжа и оптимизационные задачи математической физики	8	4	-
Тема 4.	Метод быстрого автоматического дифференцирования (БАД-методология) и его применение к оптимизационным задачам математической физики	8	4	-
Итого:		28	16	-

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Тема 1.	Введение. Роль оптимизации в математической физике	6	4	
Тема 2.	Прямые методы оптимизации и их применение в математической физике	6	4	-
Тема 3.	Метод множителей Лагранжа и оптимизационные задачи математической физики	8	4	-
Тема 4.	Метод быстрого автоматического дифференцирования (БАД-методология) и его применение к оптимизационным задачам математической физики	8	4	-
Итого:		28	16	-

4.5. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Тема 1.	Введение. Роль оптимизации в математической физике	подготовка к контрольной работе; выполнение индивидуального задания	22	28	-
Тема 2.	Прямые методы оптимизации и их применение в	подготовка к контрольной работе; выполнение	22	28	-

	математической физике	индивидуального задания			
Тема 3.	Метод множителей Лагранжа и оптимизационные задачи математической физики	подготовка к контрольной работе; выполнение индивидуального задания	22	28	-
Тема 4.	Метод быстрого автоматического дифференцирования (БАД-методология) и его применение к оптимизационным задачам математической физики	подготовка к контрольной работе; выполнение индивидуального задания	22	28	-
Итого:			88	112	-

4.7. Курсовые работы/проекты

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

– традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

– технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

– технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

– технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

– технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

– технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования

– технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором или преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине, в следующих формах:

- фронтальные и индивидуальные опросы;
- контрольные работы;
- защита индивидуальных заданий.

Фонды оценочных средств, включающие типовые индивидуальные задания, контрольные работы, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме зачета (предполагает выполнение всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины).

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет	

умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.	
Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.	не зачтено

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

Ванько В.И., Вариационные принципы и задачи математической физики : учеб. пособие / Ванько В.И. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. - 191 с. - ISBN 978-5-7038-3372-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703833728.html> (дата обращения: 02.09.2022). - Режим доступа : по подписке.

Михлин С. Г. Вариационные методы в математической физике [Текст] / С. Г. Михлин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1970. - 512 с.

Сухинов А.И., Курс лекций по уравнениям математической физики с примерами и задачами : учеб. пособие / Сухинов А.И., Зуев В.Н., Семенистый В.В. - Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2009. - 307 с. - ISBN 978-5-9275-0669-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927506699.html> (дата обращения: 02.09.2022). - Режим доступа : по подписке.

б) дополнительная литература:

Джеффрис Г. Методы математической физики. Вып. 3 [Текст] : Пер. с англ. / Г. Джеффрис, Б. Свирлс ; под ред. В. Н. Жаркова. - М. : Мир, 1970. - 344 с.

Елизаров А.М., Задачи оптимизации формы в аэрогидродинамике / Елизаров А.М., Касимов А.Р., Маклаков Д.В. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 480 с. - ISBN 978-5-9221-0999-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109994.html> (дата обращения: 02.09.2022). - Режим доступа : по подписке.

Золотов А.Б., Многоуровневые дискретные и дискретно-континуальные реализации вариационно-разностного метода / Золотов А.Б., Акимов П.А., Мозгалева М.Л. - М. : Издательство АСВ, 2013. - 416 с. - ISBN 978-593093-977-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939774.html> (дата обращения: 02.09.2022). - Режим доступа : по подписке.

Марчук Г. И. Методы вычислительной математики [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Марчук. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1980. - 536 с.

в) методические указания:

Таращанский М. Т. Ортогональные системы и специальные функции математической физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. Т. Таращанский, В. С. Щелоков. - Луганск : ЛНУ им. В. Даля, 2019. - 204 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации – <https://minobrnauki.gov.ru/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com

Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/