

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 08.04.2026 16:55:16 Уникальный программный ключ: 04c19ed88fb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	Рабочая программа дисциплины "Нелинейные уравнения в частных производных" по направлению подготовки (специальности) 01.04.01 "Математика" направленности (профилю) Уравнения с дробными производными ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Нелинейные уравнения в частных производных

Направление подготовки (специальность)

01.04.01 Математика

Направленность (профиль)

Уравнения с дробными производными

Присваиваемая квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2026

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2026 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса "Нелинейные уравнения в частных производных" является изучение основных методов, идей и подходов к анализу и решению нелинейных уравнений в частных производных, которые играют ключевую роль в моделировании широкого спектра явлений в естественных и технических науках.

Задачами изучения дисциплины являются:

- Изучение классификации уравнений в частных производных, основных примеров нелинейных уравнений, а также понятий, таких как слабые решения, решения в смысле распределений и т.д.
- Освоение основных аналитических методов решения нелинейных уравнений в частных производных, включая методы функционального анализа, вариационный метод, метод характеристик и др.
- Формирование у студентов понимания места и роли нелинейных уравнений в частных производных в современной математике, а также их связи с другими разделами математики, физики, механики и других областей.
- Демонстрация того, как нелинейные уравнения в частных производных используются для моделирования и анализа сложных явлений в различных областях (гидродинамика, теория упругости, оптика, биология и др.).
- Развитие умения строить математические модели, основанные на нелинейных уравнениях в частных производных, а также анализировать их свойства и особенности.
- Стимулирование способности ориентироваться в современных достижениях теории нелинейных уравнений в частных производных, включая новейшие результаты и подходы, а также расширение знаний для решения практических математических задач на современном уровне.
- Содействие развитию математической культуры, позволяющей будущим специалистам самостоятельно осваивать новые математические методы и эффективно применять их для решения сложных и актуальных задач в различных предметных областях.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями, необходимыми для формулирования и решения актуальных и значимых проблем математики

ОПК-1.2. Демонстрирует умения решать актуальные и значимые задачи, формулируемые в рамках математических наук

ОПК-1.3. Имеет навыки решения актуальных и значимых проблем математики

ПК-1.1 Демонстрирует знание основных теоретических положений и методов в области проводимых научных исследований

ПК-1.2. Демонстрирует умения сбора и анализа информации по тематике проводимых исследований

ПК-1.3. Имеет практический опыт установления новых фактов и закономерностей в области научных исследований

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.04

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ», «Комплексный анализ».

Уравнения в частных производных первого порядка

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Знания по данной дисциплине могут быть полезны для научно-исследовательской работы студентов.

Дробное интегро-дифференциальное исчисление

Производственная практика (преддипломная практика)

Производственная практика (научно-педагогическая практика)

Производственная практика (научно-исследовательская работа)

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)



ОПК-1: Способен формулировать и решать актуальные и значимые проблемы математики

Знать:

основные понятия, теоремы и методы теории нелинейных уравнений в частных производных, включая классификацию уравнений, понятия слабых решений, методы функционального анализа и вариационные методы, а также их применения в различных областях математики и ее приложениях.

Уметь:

применять аналитические методы для решения нелинейных уравнений в частных производных, включая метод характеристик, метод малого параметра, методы функционального анализа.

Владеть:

навыками самостоятельной постановки и исследования математических задач, связанных с нелинейными уравнениями в частных производных.

ПК-1: Способен проводить научно-исследовательскую работу в области дифференциальных уравнений

Знать:

основные теоретические положения и методы теории нелинейных уравнений в частных производных, включая их применение в областях функционального анализа, дифференциальных уравнений, и в проводимых научных исследованиях.

Уметь:

эффективно собирать и анализировать информацию из научных публикаций и других источников по тематике исследований в области нелинейных уравнений в частных производных.

Владеть:

навыками проведения самостоятельных исследований в области нелинейных уравнений в частных производных, включая постановку задач, формулирование гипотез, построение доказательств, проведение численных экспериментов и интерпретацию полученных результатов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные понятия, теоремы и методы теории нелинейных уравнений в частных производных, включая классификацию уравнений, понятия слабых решений, методы функционального анализа и вариационные методы, а также их применения в различных областях математики и ее приложениях.
3.1.2	Основные теоретические положения и методы теории нелинейных уравнений в частных производных, включая их применение в областях функционального анализа, дифференциальных уравнений, и в проводимых научных исследованиях.
3.2	Уметь:
3.2.1	применять аналитические методы для решения нелинейных уравнений в частных производных, включая метод характеристик, метод малого параметра, методы функционального анализа.
3.2.2	Эффективно собирать и анализировать информацию из научных публикаций и других источников по тематике исследований в области нелинейных уравнений в частных производных.
3.3	Владеть:
3.3.1	самостоятельной постановки и исследования математических задач, связанных с нелинейными уравнениями в частных производных.
3.3.2	Проведения самостоятельных исследований в области нелинейных уравнений в частных производных, включая постановку задач, формулирование гипотез, построение доказательств, проведение численных экспериментов и интерпретацию полученных результатов.



4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 72	Виды контроля в семестрах: зачеты 3
в том числе :	
аудиторные занятия : 34	
самостоятельная работа : 37,8	
контактная работа: 34,2 ИКР: 0,2	

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Введение			
1.1	Обозначения. Линейные уравнения /Лек/	3	2	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
1.2	Нелинейные уравнения и системы /Лек/	3	4	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
1.3	Уравнения второго порядка /Лек/	3	2	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
1.4	Уравнения высших порядков /Лек/	3	2	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
1.5	Пространства непрерывных функций /Лек/	3	4	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
1.6	Краевые условия /Лек/	3	2	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
1.7	Решение краевой задачи /Лек/	3	2	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
1.8	Выполнение домашних работ, подготовка к контрольным работам. Подготовка к зачету. /Ср/	3	13	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
	Раздел 2. Слабое решение краевой задачи			
2.1	Пространства Соболева /Лек/	3	4	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
2.2	Дифференциальные операторы /Лек/	3	4	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
2.3	Регулярность слабых решений /Лек/	3	4	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
2.4	Выполнение домашних работ, подготовка к контрольным работам. Подготовка к зачету. /Ср/	3	13,3	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
	Раздел 3. Топологический метод			



Рабочая программа дисциплины "Нелинейные уравнения в частных производных" по направлению подготовки (специальности) 01.04.01 "Математика" направленности (профилю) Уравнения с дробными производными ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 6

3.1	Теоремы существования /Лек/	3	2	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
3.2	Общие краевые условия для дифференциальных уравнений второго порядка /Лек/	3	2	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
3.3	Выполнение домашних работ, подготовка к контрольным работам. Подготовка к зачету. /Ср/	3	11,5	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3
Раздел 4. Иная контактная работа				
4.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	3	0,2	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

1. Доклад
2. Вопросы к зачету

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Темы докладов:

1. Нелинейные уравнения в частных производных
2. Нелинейные системы
3. Примеры нелинейных задач
4. Уравнение равновесия пластины
5. Пространства непрерывных функций
6. Решения дифференциальных уравнений
7. Решение краевой задачи
8. Об интегральном тождестве
9. Операторы Немыцкого
10. Слабые решения
11. Регулярность слабых решений

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы для зачета:

1. Нелинейные уравнения в частных производных
2. Нелинейные системы
3. Примеры нелинейных задач
4. Уравнение равновесия пластины
5. Пространства непрерывных функций
6. Решения дифференциальных уравнений
7. Решение краевой задачи
8. Об интегральном тождестве
9. Слабые решения
10. Регулярность слабых решений
11. Пространство Соболева
12. Дифференциальные операторы
13. Теоремы существования
14. Общие краевые условия для дифференциальных уравнений второго порядка

6.4. Критерии оценивания

Критерий выставления зачета:

Продолжительность зачета – 90 минут. За каждое выполненное задание билета студент может получить от 1 до 3 баллов. Если задание выполнено правильно, то оно оценивается 3 баллами. Если задание выполнено с ошибками, то баллы снижаются в зависимости от количества допущенных ошибок. Если допущена одна ошибка, то задание оценивается 2 баллами, допущены две ошибки – 1 балл. Если допущено более двух ошибок в задании или студент не выполнил какое-либо задание из билета, то за него он получает 0 баллов. Максимальное количество баллов за зачет – 6.

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации:



Оценка "не зачтено" выставляется за 19 и менее баллов;

Оценка "зачтено" выставляется за 20 и более баллов:

20-26 баллов (уровень 1);

27-30 баллов (уровень 2);

31-36 баллов (уровень 3).

Описание показателей и критериев оценивания компетенций для доклада:

В семестре 3 доклада. На доклад отводится 15-20 минут в конце пары (каждую пару 1 доклад). Каждый студент готовит доклад по одной из предложенных тем. Максимальное количество баллов за доклады - 30.

Оценка "зачтено" выставляется за 20-30 баллов, "не зачтено" - менее 20 баллов.

Полнота доклада оценивается по следующим критериям:

1. Полнота изложения теоретического материала
2. Достаточное количество примеров к теоретическому материалу
3. Приведены примеры к определениям и теоремам
4. Приведены контрпримеры, демонстрирующие при каких условиях не применимы теоремы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Степучев В. Г.	Дифференциальные уравнения в частных производных (https://e.lanbook.com/book/169798)	Санкт-Петербург : Лань, 2021	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Копытов А. В., Кособуцкий А. В.	Линейные и нелинейные уравнения физики: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495216)	Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2018	ЭБС
Л2.2	Треногин В. А., Недосекина И. С.	Уравнения в частных производных: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275574)	Москва : Физматлит, 2013	ЭБС

7.1.3. Методические разработки

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л3.1	Замышляева А. А., Иванова М. В., Ушаков В. И., Кадченко С. И., Пятков С. Г., Федоров В. Е.	Уравнения соболевского типа: сборник научных работ (https://library.csu.ru/rbooks2/view2?code=local/200305n0072/sviriduk)	Челябинск : [б. и.], 2002	ЭБС
Л3.2	Свиридюк Г. А., Федоров В. Е.	Линейные уравнения соболевского типа: учебное пособие	Челябинск : ЧелГУ, 2002	

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка – URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp
Э2	Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) - официальный сайт http://www.rfbr.ru/rffi/ru
Э3	Научная электронная библиотека. Монографии, изданные в издательстве Российской Академии Естествознания полнотекстовый ресурс научных и учебных изданий РАЕ https://www.monographies.ru/

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

LMS Moodle

Adobe Reader

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы



1. Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>) Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

2. SpringerLink Международная реферативная база данных научных изданий (<https://www.springer.com>)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения: доска, парты, мультимедийное и аудиооборудование.

Для семинарских занятий используются аудитории оснащенные обычной доской, партами, переносным мультимедийным и аудиооборудованием (в случае необходимости).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При изучении данной дисциплины используются лекционные занятия и самостоятельная работа студента. На практических занятиях излагается основное содержание тем программы, рассматриваются основные методы и подходы.

Для наиболее эффективного изучения дисциплины обучающемуся рекомендуется:

- посещать занятия, кратко и вдумчиво конспектировать материал, с указанием даты проведения занятия и темы;
- самостоятельно прорабатывать материал как после каждого занятия, так и по завершению темы, что позволяет связать воедино полученные сведения и составить цельную картину.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, форумы, электронная почта и др.).

Большую часть времени обучающиеся самостоятельно работают с учебно-методическими материалами. Студенты имеют возможность консультироваться с преподавателем по всем вопросам, возникающим в ходе самостоятельной работы посредством электронной почты, социальных сетей и т.п.

Доступ обучающегося к учебным ресурсам в режиме отложенного времени, самостоятельной работы осуществляется через сеть Интернет в удобном для него месте, времени и темпе.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).



При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.



WORKING PROGRAM OF THE COURSE (MODULE)*

Nonlinear Partial Differential Equations

Scientific specialty

01.04.01 Mathematics

Direction

Fractional Differential Equations

Degree

Master’s

Mode of study

Full-time

Enrollment Year 2026

* The work program of the course (module) is adapted for inclusive education of disabled people and people with disabilities

Chelyabinsk, 2026



Table of Contents

1. Goals of mastering the course
2. Place of the course in the structure of the educational program
3. Competencies of the student, formed as a result of mastering the course (module)
4. Scope of the course (module)
5. Structure and content of the course (module)
6. Fund of assessment means
 - 6.1 List of types of assessment tools
 - 6.2 Typical control tasks and other materials for current certification
 - 6.3. Typical control questions and assignments for interim certification
 - 6.4. Evaluation Criteria
7. Educational, methodical and informational support of the course (module)
 - 7.1 Recommended literature
 - 7.2 List of resources of information and telecommunication network “Internet”
 - 7.3. List of information technologies
8. Material and technical support of the course (module)
9. Methodical instructions for students to master the course (module)
10. Special conditions for mastering the course of students with disabilities and disabilities



1. GOALS OF MASTERING THE COURSE

The purpose of the course "Nonlinear Partial Differential Equations" is to study the basic methods, ideas and approaches to the analysis and solution of nonlinear partial differential equations, which play a key role in modeling a wide range of phenomena in the natural and technical sciences.

The goals of the course include:

- The study of the classification of partial differential equations, basic examples of nonlinear equations, as well as concepts such as weak solutions, solutions in the sense of distributions, etc.
- Mastering basic analytical methods for solving nonlinear partial differential equations, including methods of functional analysis, variational method, method of characteristics, etc.
- Formation of students' understanding of the place and role of nonlinear partial differential equations in modern mathematics, as well as their relationship with other branches of mathematics, physics, mechanics and other fields.
- Demonstration of how nonlinear partial differential equations are used to model and analyze complex phenomena in various fields (hydrodynamics, elasticity theory, optics, biology, etc.).
- Developing the ability to build mathematical models based on nonlinear partial differential equations, as well as analyze their properties and features.
- Stimulating the ability to navigate modern advances in the theory of nonlinear partial differential equations, including the latest results and approaches, as well as expanding knowledge to solve practical mathematical problems at a modern level.
- To promote the development of a mathematical culture that allows future specialists to independently master new mathematical methods and effectively apply them to solve complex and urgent problems in various subject areas.

The results of training in the course are aimed at achieving the following indicators:

GPC-1.1. Has the fundamental knowledge necessary to formulate and solve relevant and significant mathematical problems.

GPC-1.2. Demonstrates the ability to solve relevant and significant problems formulated in the framework of mathematical sciences

GPC-1.3. Has the skills to solve relevant and significant problems of mathematics

PC-1.1 Demonstrates knowledge of the basic theoretical principles and methods in the field of scientific research

PC-1.2. Demonstrates the ability to collect and analyze information on the subject of ongoing research

PC-1.3. Has practical experience in establishing new facts and patterns in the field of scientific research

2. PLACE OF THE COURSE IN THE STRUCTURE OF THE EDUCATIONAL PROGRAM

Cycle (section) curriculum: P1.O.04

2.1 Requirements for the student's pre-training:

To successfully master the course, knowledge of the courses "Mathematical Analysis", "Linear Algebra", "Differential equations", "Functional Analysis", "Equations of mathematical physics" is required. And also

First Order Partial Differential Equations

2.2 Courses and practices for which the development of this course (module) is necessary as a precursor:

Knowledge of this discipline can be useful for students' research work.

Fractional Integro-Differential Calculus

Work Experience Internship (Pre-graduation Practical Training)

Work Experience Internship (Educational Research Internship)

Work Experience Internship (Research Work)

3. COMPETENCIES OF THE STUDENT, FORMED AS A RESULT OF MASTERING THE COURSE (MODULE)



GPC-1: Able to formulate and solve relevant and meaningful problems in mathematics

Know:

the basic concepts, theorems and methods of the theory of nonlinear partial differential equations, including the classification of equations, concepts of weak solutions, methods of functional analysis and variational methods, as well as their applications in various fields of mathematics and its applications.

Be able to:

apply analytical methods to solve nonlinear partial differential equations, including the method of characteristics, the method of small parameter, methods of functional analysis.

Possess:

skills of independent formulation and research of mathematical problems related to nonlinear partial differential equations.

PC-1: Able to carry out research work in the field of differential equations

Know:

the main theoretical principles and methods of the theory of nonlinear partial differential equations, including their application in the fields of functional analysis, differential equations, and in ongoing scientific research.

Be able to:

effectively collect and analyze information from scientific publications and other sources on research topics in the field of nonlinear partial differential equations.

Possess:

the skills of conducting independent research in the field of nonlinear partial differential equations, including setting problems, formulating hypotheses, constructing proofs, conducting numerical experiments and interpreting the results.

As a result of mastering the course, the student must

3.1 Know:	
3.1.1	the basic concepts, theorems and methods of the theory of nonlinear partial differential equations, including the classification of equations, concepts of weak solutions, methods of functional analysis and variational methods, as well as their applications in various fields of mathematics and its applications.
3.1.2	The main theoretical principles and methods of the theory of nonlinear partial differential equations, including their application in the fields of functional analysis, differential equations, and in ongoing scientific research.
3.2 Be able to:	
3.2.1	apply analytical methods to solve nonlinear partial differential equations, including the method of characteristics, the method of small parameter, methods of functional analysis.
3.2.2	Effectively collect and analyze information from scientific publications and other sources on research topics in the field of nonlinear partial differential equations.
3.3 Possess:	
3.3.1	independent formulation and research of mathematical problems related to nonlinear partial differential equations.
3.3.2	Conducting independent research in the field of nonlinear partial differential equations, including setting problems, formulating hypotheses, constructing proofs, conducting numerical experiments and interpreting the results.
4. SCOPE OF THE COURSE (MODULE)	
Total labor intensity	3 Credits
Curriculum hours : 72 including : classroom training: 34 independent work : 37,8 contact work : 34,2 OCW: 0,2	Types of control in semesters: Credits 3



5. STRUCTURE AND CONTENT OF THE COURSE (MODULE)

Class code	Name of sections and topics /type of lesson/	Semester / Course	Hours	Literature
Section 1. Introduction				
1.1	Designations. Linear equations /Lec/	3	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
1.2	Nonlinear equations and systems /Lec/	3	4	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
1.3	Second-order equations /Lec/	3	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
1.4	Higher-order equations /Lec/	3	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
1.5	Spaces of continuous functions /Lec/	3	4	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
1.6	Boundary conditions /Lec/	3	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
1.7	Solving the boundary value problem / Lec/	3	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
1.8	Doing homework, preparing for exams. Preparation for the credit. /IndW/	3	11,5	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
Section 2. Weak solution of the boundary value problem				
2.1	Sobolev spaces /Lec/	3	4	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
2.2	Differential operators /Lec/	3	4	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3



2.3	The regularity of weak solutions /Lec/	3	4	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
2.4	Doing homework, preparing for exams. Preparation for the credit. /IndW/	3	11,5	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
Section 3. Topological method				
3.1	Existence Theorems /Lec/	3	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
3.2	General boundary conditions for second-order differential equations /Lec/	3	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
3.3	Doing homework, preparing for exams. Preparation for the credit. /IndW/	3	11,5	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3
Section 4. Other contact work				
4.1	Individual consultations, ongoing monitoring /OCW/	3	3,5	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L3.1 L3.2 W1 W2 W3

6. FUND OF ASSESSMENT MEANS

6.1. List of types of assessment tools

1. Report
2. Questions for credit

6.2. Typical control tasks and other materials for current certification

- Topics of the reports:
1. Nonlinear partial differential equations
 2. Nonlinear systems
 3. Examples of nonlinear problems
 4. Plate equilibrium equation
 5. Spaces of continuous functions
 6. Solutions of differential equations
 7. Solving the boundary value problem
 8. On the integral identity
 9. Nemytsky Operators
 10. Weak decisions
 11. The regularity of weak decisions

6.3. Typical control questions and assignments for interim certification

- Questions for credit:
1. Nonlinear partial differential equations
 2. Nonlinear systems
 3. Examples of nonlinear problems
 4. Plate equilibrium equation
 5. Spaces of continuous functions
 6. Solutions of differential equations
 7. Solving the boundary value problem
 8. On the integral identity
 9. Weak decisions
 10. The regularity of weak decisions
 11. Sobolev Space



12. Differential operators
13. Existence theorems
14. General boundary conditions for second-order differential equations

6.4. Evaluation criteria

Scoring criterion:

The duration of the credit is 90 minutes. The student can receive from 1 to 3 points for each completed task of the ticket. If the task is performed correctly, it is evaluated with 3 points. If the task is performed with mistakes, the points are reduced depending on the number of mistakes made. If one mistake is made, the building is evaluated with 2 points, if two mistakes are made, the building is evaluated with 1 point. If more than two mistakes are made in a task or the student has not completed any task from the ticket, he/she receives 0 points for it. The maximum number of points for credit is 6.

When summarizing the results, the results of current attestation are taken into account. The points received for the current certification are summarized with the points received for each stage during the intermediate certification:

A grade of “fail” is awarded for 19 or fewer points;

A grade of “pass” is awarded for 20 or more points:

20-26 points (level 1);

27-30 points (level 2);

31-36 points (level 3).

Description of indicators and criteria for assessing competencies for the report:

There are 3 reports in the semester. 15-20 minutes are allocated for the report at the end of the pair (each pair 1 report). Each student prepares a report on one of the proposed topics. The maximum number of points for the reports is 30.

The grade “pass” is given for 20-30 points, “fail” - less than 20 points.

The completeness of the report is evaluated by the following criteria:

1. Completeness of presentation of theoretical material
2. Sufficient number of examples to the theoretical material
3. Examples are given for definitions and theorems
4. Counterexamples are given to show under what conditions the theorems do not apply.

7. EDUCATIONAL, METHODOLOGICAL AND INFORMATIONAL SUPPORT OF THE COURSE (MODULE)

7.1. Recommended literature

7.1.1. Basic literature

	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L1.1	Stepuchev V. G.	Partial differential equations (https://e.lanbook.com/book/169798)	Saint Petersburg : Lan, 2021	ELS
L1.2	Polyanin A.D., Zaitsev V. F.	Nonlinear equations of mathematical physics in 2 hours Part 1: a textbook for universities (https://urait.ru/bcode/537989)	Moscow : Urait, 2024	ELS
L1.3	Polyanin A.D., Zaitsev V. F., Zhurov A. I.	Nonlinear equations of mathematical physics and mechanics. Solution methods: textbook and workshop for universities (https://urait.ru/bcode/537994)	Moscow : Urait, 2024	ELS
L1.4	Polyanin A.D., Zaitsev V. F.	Nonlinear equations of mathematical physics in 2 hours Part 2: a textbook for universities (https://urait.ru/bcode/537989)	Moscow : Urait, 2024	ELS

7.1.2. Further reading

	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L2.1	Kopytov A.V., Kosobutsky A.V.	Linear and nonlinear equations of physics: a textbook (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495216)	Kemerovo : Kemerovo State University, 2018	ELS
L2.2	Trenogin V. A., Nedosekina I. S.	Partial differential equations: a textbook (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275574)	Moscow : Fizmatlit, 2013	ELS

7.1.3. Methodological developments



	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L3.1	Zamyshlyayeva A. A., Ivanova M. V., Ushakov V. I., Kadchenko S. I., Pyatkov S. G., Fedorov V. E.	Sobolev type equations: a collection of scientific papers (http://library.csu.ru/rbooks2/view? code=local/200305n0072/sviriduk)	Chelyabinsk : [B. I.], 2002	ELS
L3.2	Sviridyuk, Fedorov	Linear equations of the Sobolev type: A textbook	Chelyabinsk: CSU, 2002	

7.2. List of resources of the information and telecommunication network “Internet”

W1	eLIBRARY.RU [Electronic resource] : electronic library / Scientific Electronic Library - URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp
W2	Russian Foundation for Basic Research (RFBR) - official website http://www.rfbr.ru/rffi/ru
W3	Scientific electronic library. Monographs published in the publishing house of the Russian Academy of Natural Sciences full-text resource of scientific and educational publications RAE https://www.monographies.ru/

7.3 List of information technologies

7.3.1 Software

LMS Moodle

Adobe Reader

7.3.2 Professional databases and reference systems

1. Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>) Web of Science : multidisciplinary abstract database / Thomson Reuters Company. - Access mode: for registered users of CSU. - Text : electronic.
2. SpringerLink International Abstract Database of Scientific Publications (<https://www.springer.com>)

8. MATERIAL AND TECHNICAL SUPPORT OF THE COURSE (MODULE)

For the realization of the course are used classrooms for seminars, group and individual consultations, current control and interim certification, as well as rooms for independent work.

The classrooms are equipped with specialized furniture and technical means of education: blackboard, desks, multimedia and audio equipment.

For seminars, classrooms equipped with a blackboard, desks, portable multimedia and audio equipment (if necessary) are used.

The rooms for independent work of students are equipped with computer equipment with Internet connection and access to the electronic information and educational environment of the University.

9. METHODOICAL INSTRUCTIONS FOR STUDENTS TO MASTER THE COURSE (MODULE)

When studying this discipline, lectures and independent work of the student are used. In practical classes, the main content of the program topics is presented, the main methods and approaches are considered.

For the most effective study of the discipline, the student is recommended:

- attend classes, briefly and thoughtfully take notes of the material, indicating the date of the lesson and the topic;
- independently work through the material both after each lesson and at the end of the topic, which allows you to link together the information you have received and create a complete picture.

If e-learning and distance learning technologies are used in teaching, students and teachers communicate in real time (online lectures (webinars), chats, video conferences, etc.) or in deferred time (Moodle distance learning system, forums, e-mail, etc.).

Most of the time, students work independently with teaching materials. Students have the opportunity to consult with the teacher on all issues arising in the course of independent work via e-mail, social networks, etc.

The student's access to educational resources in the deferred time mode, independent work is carried out via the Internet in a convenient place, time and pace for him.



When teaching people with disabilities, e-learning and distance learning technologies provide for the possibility of receiving and transmitting information in forms accessible to them.

Implementation of the discipline using e-learning, distance learning technologies (hereinafter referred to as – EO, DOT) It is carried out on the basis of the "Regulations on the implementation of basic and additional educational programs using e-learning and distance learning technologies at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Chelyabinsk State University", "Regulations on the procedure for crediting students in basic professional educational programs of higher education at the FSBEI HE CSU" the results of mastering in organizations engaged in educational activities. activities, academic subjects, courses, disciplines (modules), practices, additional educational programs" through the electronic information and educational environment of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "CSU". In exceptional cases (force majeure, etc.), when implementing educational activities using EO, DOT may use components that are not included in the list of electronic information and educational environment.

10. SPECIAL CONDITIONS FOR MASTERING THE COURSE OF STUDENTS WITH DISABILITIES AND DISABILITIES

The mastering of the course by disabled persons and persons with disabilities is carried out with the use of special technical means and holo-information technologies provided by the Resource Educational and Methodological Center for Education of Disabled Persons and Persons with Disabilities of CSU at the request of the student.

1. Mobile special technical means for persons with visual impairments: portable computer with Braille input/output with speech synthesizer "ElBraile-W14J G2"; laptops with NVDA screen access software; electronic magnifiers for remote viewing; portable video magnifiers; tiflo player; digital dictaphones.

2. Mobile special technical means for persons with hearing impairments: free sound field system with built-in compatibility with FM devices; radio class "Sonet-RSM" with transmitter, behind-the-ear inductor and induction loop; information system for the hearing impaired portable "Istok" A2 with built-in player - sound informer; document camera; programmable hearing aids for individual use.

3. assistive information technologies: screen access software with speech synthesis NVDA; screen magnification programs; speech synthesis programs for computers and laptops; speech synthesis programs for mobile devices; on-screen keyboard; screen magnifier.

If necessary, special software (NVDA speech navigation program, speech synthesizers, screen magnifiers) is installed at workplaces for practical or laboratory classes for students with visual impairments.

Unimpeded access to classrooms is provided for students with disabilities and students with disabilities. In each classroom, where students with disabilities and persons with disabilities, provides an appropriate number of seats for students, taking into account their health problems.

To master the course, disabled people and persons with disabilities are provided with access to printed sources available in the CSU scientific library, with the help of special technical means; access to electronic sources, presented in the form of electronic documents in the collection of the CSU scientific library or electronic library systems, with the help of special hardware and software (workstation for blind users with screen access software with speech synthesis NVDA, workstation with computerized

Educational and methodical materials for students with disabilities and persons with disabilities are provided in forms adapted to the limitations of their health and perception of information:

For persons with visual impairments:

- in printed form in enlarged font,
- in the form of an electronic document,
- in the form of an audio file,
- in printed form in Braille.

For persons with hearing impairments:

- in printed form,
- in the form of an electronic document.

For persons with mobility impairments:

- In printed form,
- in the form of an electronic document,
- in the form of an audio file.

This list can be specified depending on the contingent of students.

For persons with disabilities and persons with disabilities mastering the course can be partially or fully implemented using distance education technologies (Moodle, Adobe Connect Pro, etc.).

In the mastering of the course by disabled people and persons with disabilities is used individual work. Individual work means two forms of interaction with the teacher: individual training work (consultations), i.e. additional explanation of the educational material and in-depth study of the material with those students who are interested in it, and individual educational work. Individual consultations are aimed at individualizing learning and establishing educational contact between the teacher and a disabled student or a student with disabilities.



When conducting the procedure for assessing the learning outcomes of disabled people and persons with disabilities in the course provides the following additional requirements depending on the individual characteristics of students:

- a) instruction on the order of the assessment procedure is provided in an accessible form (orally, in written form, in written form in Braille, orally with the use of sign language interpreter);
- b) accessible form of providing assessment tasks (in printed form, in printed form in enlarged font, in printed form in Braille, in the form of an electronic document, tasks are read out by an assistant, tasks are provided with the use of sign language interpreter);
- c) an accessible form of providing answers to tasks (in writing on paper, typing answers on a computer, in writing in Braille, using the services of an assistant, orally).

When conducting the procedure for evaluating the learning outcomes of persons with disabilities and persons with disabilities, the use of technical means necessary for them due to their individual characteristics is envisaged. These means may be provided by CSU or the university's own technical means may be used. If necessary, persons with disabilities and persons with disabilities are given additional time to prepare an answer to the tasks, the procedure of assessment of learning outcomes in the course can be conducted in several stages.

The procedure of assessment of learning outcomes for persons with disabilities and persons with disabilities is allowed using distance learning technologies.

