

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 08.04.2026 16:55:16 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Уравнения в частных производных первого порядка" по направлению подготовки (специальности) 01.04.01 "Математика" направленности (профилю) Уравнения с дробными производными ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	--	--------

Рабочая программа дисциплины (модуля)*
Уравнения в частных производных первого порядка

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 "Уравнения в частных производных первого порядка" является изучение фундаментальных методов и концепций, лежащих в основе анализа и решения уравнений в частных производных первого порядка, с особым вниманием к их применению в моделировании различных физических и технических процессов.

Задачами изучения дисциплины являются:

- Овладение основными понятиями и классификацией уравнений в частных производных первого порядка: Понимание ключевых определений, характеристик и типов уравнений, включая линейные, квазилинейные и нелинейные уравнения, а также их геометрическую интерпретацию.
- Изучение аналитических методов решения: Освоение таких методов, как метод характеристик, метод интегрирующих множителей, а также понимание их ограничений и применимости к различным классам задач.
- Развитие навыков построения и анализа математических моделей: Формирование умения транслировать физические или технические задачи в форму уравнений в частных производных первого порядка, интерпретировать полученные решения и оценивать их адекватность моделируемой ситуации.
- Применение уравнений в частных производных первого порядка к решению прикладных задач: Исследование конкретных примеров моделирования процессов переноса, распространения волн, газовой динамики и других явлений, которые описываются уравнениями в частных производных первого порядка.
- Формирование представления о взаимосвязи между математикой и другими науками: Понимание, как математические инструменты, а именно, теория уравнений в частных производных, позволяет анализировать и прогнозировать поведение сложных систем в физике, технике, биологии и других областях.
- Развитие навыков самостоятельной работы: Приобретение способности анализировать и решать новые задачи, а также изучать современные методы решения уравнений в частных производных первого порядка, что способствует формированию математической культуры.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

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.В.ДВ.01.01

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения с частными производными».

Методы решения дифференциальных уравнений

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.

Вырожденные эволюционные уравнения в банаховых пространствах

Нелинейные уравнения в частных производных

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

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

Знать:

основные теоретические положения и методы в области уравнений в частных производных первого порядка.

Уметь:

собирать и анализировать информацию по тематике уравнений в частных производных первого порядка, включая их прикладные аспекты.



Владеть:

навыками применения методов уравнений в частных производных первого порядка для установления и анализа моделей, описывающих различные процессы и явления.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные теоретические положения и методы в области уравнений в частных производных первого порядка.
3.2	Уметь:
3.2.1	собирать и анализировать информацию по тематике уравнений в частных производных первого порядка, включая их прикладные аспекты.
3.3	Владеть:
3.3.1	применения методов уравнений в частных производных первого порядка для установления и анализа моделей, описывающих различные процессы и явления.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость		3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108	Виды контроля в семестрах: экзамены 2
в том числе		
аудиторные занятия	34	
самостоятельная работа	34,7	
часов на контроль	36	
контактная работа:	37,3	
ИКР:	3,3	

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
Раздел 1. Введение и основные понятия				
1.1	Классификация и основные понятия уравнений в частных производных первого порядка /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
1.2	Линейные однородные уравнения первого порядка. Метод характеристик /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
1.3	Линейные неоднородные уравнения первого порядка. Метод характеристик /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
Раздел 2. Квазилинейные уравнения				
2.1	Квазилинейные уравнения первого порядка. Метод характеристик /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
2.2	Квазилинейные уравнения. Разрешение относительно производных /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
2.3	Квазилинейные уравнения. Приложения в физике (модели переноса) /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
2.4	Особые решения и разрывы в квазилинейных уравнениях /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
Раздел 3. Специальные методы и задачи				



3.1	Метод интегрирующего множителя /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
3.2	Преобразование Лежандра /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
3.3	Уравнения Гамильтона-Якоби /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
3.4	Уравнения Гамильтона-Якоби. Метод характеристик /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
3.5	Задачи с начальными условиями. Задача Коши /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
Раздел 4. Приложения и обобщения				
4.1	Уравнения первого порядка в геометрии и оптике /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
4.2	Уравнения в частных производных первого порядка и управление /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
4.3	Анализ и сравнение различных методов решения /Пр/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
4.4	Решение задач повышенной сложности /Пр/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
4.5	Выполнение домашних работ, подготовка к контрольным работам. Подготовка к экзамену /Ср/	2	34,7	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3
Раздел 5. Иная контактная работа				
5.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	2	3,3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

1. Доклад
2. Вопросы к экзамену

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Темы докладов:

1. Геометрическая интерпретация решений уравнений в частных производных первого порядка
2. Сравнительный анализ метода характеристик и метода интегрирующего множителя для решения квазилинейных уравнений
3. Связь между уравнениями Гамильтона-Якоби и уравнениями классической механики
4. Теоремы существования и единственности решений уравнений в частных производных первого порядка
5. Особые решения и их роль в теории уравнений первого порядка
6. Применение уравнений первого порядка для моделирования процессов переноса вещества и энергии
7. Моделирование распространения волн с помощью уравнений в частных производных первого порядка
8. Применение метода характеристик в гидродинамике для решения уравнений газовой динамики
9. Использование уравнений Гамильтона-Якоби в теории оптимального управления
10. Уравнения первого порядка в геометрической оптике
11. Применение уравнений первого порядка в финансовой математике
12. Моделирование дорожного движения с помощью уравнений в частных производных первого порядка
13. Преобразование Лежандра и его применение в теории уравнений в частных производных первого порядка
14. Численные методы решения уравнений первого порядка (например, метод конечных разностей, метод конечных



элементов)

15. Современные исследования в области уравнений в частных производных первого порядка

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы для экзамена:

Раздел 1: Введение и основные понятия

1. Дайте определение уравнений в частных производных первого порядка. Приведите примеры линейных, квазилинейных и нелинейных уравнений.
2. Что такое решение уравнения в частных производных первого порядка? Дайте геометрическую интерпретацию решения.
3. Сформулируйте определение характеристических кривых для линейного однородного уравнения первого порядка.
4. Опишите метод характеристик для решения линейных однородных уравнений первого порядка.
5. Как применяется метод характеристик для решения линейных неоднородных уравнений первого порядка?

Раздел 2: Квазилинейные уравнения

6. Опишите метод характеристик для решения квазилинейных уравнений первого порядка. В чем отличие от линейных уравнений?
7. Как строится характеристическая система для квазилинейного уравнения? Что такое интегралы характеристической системы?
8. Объясните, как решаются квазилинейные уравнения в случае, когда они разрешимы относительно одной из производных.
9. Приведите примеры физических задач, которые описываются квазилинейными уравнениями первого порядка.
10. Что такое особые решения квазилинейных уравнений? Какова их геометрическая интерпретация?
11. Что такое разрывы в решениях квазилинейных уравнений?

Раздел 3: Специальные методы и задачи

12. Опишите метод интегрирующего множителя для решения уравнений в частных производных первого порядка. Когда он применяется?
13. Расскажите про преобразование Лежандра и их применение для решения УЧП первого порядка.
14. Что такое уравнение Гамильтона-Якоби? Как оно связано с уравнениями классической механики?
15. Как решается уравнение Гамильтона-Якоби с помощью метода характеристик? Что такое полный интеграл?
16. Сформулируйте задачу Коши для уравнения в частных производных первого порядка.
17. Какие условия обеспечивают существование и единственность решения задачи Коши?

Раздел 4: Приложения и обобщения

18. Приведите примеры применения уравнений в частных производных первого порядка в геометрии и оптике.
19. Как уравнения первого порядка могут использоваться в задачах управления?
20. Сравните различные методы решения уравнений в частных производных первого порядка. Какие у них преимущества и недостатки?
21. Опишите, как строится математическая модель для описания процесса, который может быть представлен уравнением в частных производных первого порядка.

6.4. Критерии оценивания

На экзамене выдается 2 вопроса из списка вопросов по темам практических занятий.

Продолжительность экзамена – 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 экзамен – 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 удовлетворительно" выставляется за 13 и менее баллов;
Оценка "Удовлетворительно" выставляется за 14-17 баллов (уровень 1);
Оценка "Хорошо" выставляется за 18-21 баллов (уровень 2);
Оценка "Отлично" выставляется за 22-26 баллов (уровень 3).



Описание показателей и критериев оценивания компетенций для доклада:
В семестре 2 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 - 20.
Оценка "зачтено" выставляется за 12-20 баллов, "не зачтено" - менее 12 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
Л1.2	Егоров Д. Л.	Уравнения математической физики: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=701255)	Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2021	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Филиппов А. Ф.	Введение в теорию дифференциальных уравнений: учебник для вузов	Москва : КомКнига, 2007	
Л2.2	Филиппов А. Ф.	Дифференциальные уравнения: методические указания для студентов-заочников математических факультетов университетов	Москва : Издательство МГУ, 1986	
Л2.3	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

7.2. 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 семинарские (практические) 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)*

First Order 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 "First-order partial differential Equations" is to study the fundamental methods and concepts underlying the analysis and solution of first-order partial differential equations, with special attention to their application in modeling various physical and technical processes.

The goals of the course include:

- Mastering the basic concepts and classification of first-order partial differential equations: Understanding key definitions, characteristics, and types of equations, including linear, quasi-linear, and nonlinear equations, as well as their geometric interpretation.
- Study of analytical solution methods: Mastering methods such as the method of characteristics, the method of integrating multipliers, as well as understanding their limitations and applicability to various classes of problems.
- Development of skills in constructing and analyzing mathematical models: Formation of the ability to translate physical or technical problems into the form of partial differential equations of the first order, interpret the solutions obtained and evaluate their adequacy to the simulated situation.
- Application of first-order partial differential equations to solving applied problems: The study of specific examples of modeling processes of transport, wave propagation, gas dynamics and other phenomena that are described by partial differential equations of the first order.
- Forming an understanding of the relationship between mathematics and other sciences: Understanding how mathematical tools, namely, the theory of partial differential equations, make it possible to analyze and predict the behavior of complex systems in physics, engineering, biology and other fields.
- Development of independent work skills: Acquisition of the ability to analyze and solve new problems, as well as to study modern methods for solving partial differential equations of the first order, which contributes to the formation of a mathematical culture.

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

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.E.ED.01.01

2.1 Requirements for the student's pre-training:

To successfully master the discipline, knowledge of the disciplines "Mathematical Analysis", "Linear Algebra", "Differential equations", "Partial differential equations" is required.

Methods for solving 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.

Degenerate Evolution Equations in Banach Spaces

Nonlinear Partial Differential Equations

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

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

Know:

basic theoretical principles and methods in the field of partial differential equations of the first order.

Be able to:

collect and analyze information on the subject of first-order partial differential equations, including their applied aspects.



Possess:

skills in applying methods of partial differential equations of the first order to establish and analyze models describing various processes and phenomena.

As a result of mastering the course, the student must

3.1 Know:	
3.1.1	basic theoretical principles and methods in the field of partial differential equations of the first order.
3.2 Be able to:	
3.2.1	collect and analyze information on the subject of first-order partial differential equations, including their applied aspects.
3.3 Possess:	
3.3.1	skills in applying methods of partial differential equations of the first order to establish and analyze models describing various processes and phenomena.

4. SCOPE OF THE COURSE (MODULE)

Total labor intensity	3 Credits
Curriculum hours : 108 including: classroom training: 34 independent work: 34,7 hours for monitoring: 36 contact work: 37,3 OCW: 3,3	Types of control in semesters: Exams 2

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 and basic concepts				
1.1	Classification and basic concepts of partial differential equations of the first order /Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
1.2	Linear homogeneous equations of the first order. Method of characteristics / Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
1.3	Linear inhomogeneous equations of the first order. Method of characteristics / Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
Section 2. Quasi-linear equations				
2.1	Quasi-linear equations of the first order. Method of characteristics / Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
2.2	Quasi-linear equations. Resolution regarding derivatives /Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
2.3	Quasi-linear equations. Applications in physics (transfer models) /Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3



2.4	Special solutions and discontinuities in quasi-linear equations /Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
Section 3. Special methods and problems				
3.1	The method of the integrating multiplier / Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
3.2	Legendre Transformation /Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
3.3	Hamilton-Jacobi Equations /Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
3.4	Hamilton-Jacobi equations. Method of characteristics / Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
3.5	Tasks with initial conditions. The Cauchy Problem /Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
Section 4. Applications and generalizations				
4.1	First-order equations in geometry and optics /Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
4.2	Partial differential equations of the first order and control /Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
4.3	Analysis and comparison of various solution methods / Pr/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
4.4	Solving problems of increased complexity / Pr/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
4.5	Doing homework, preparing for exams. Exam Preparation /IndW/	2	34,7	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3
Section 5. Other contact work				
5.1	Individual consultations, ongoing monitoring /OCW/	2	3,3	L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L2.1 L2.2 L2.3 W1 W2 W3

6. FUND OF ASSESSMENT MEANS

6.1. List of types of assessment tools

1. Report
2. Questions for exam



6.2. Typical control tasks and other materials for current certification

Topics of the reports:

1. Geometric interpretation of solutions of partial differential equations of the first order
2. Comparative analysis of the characteristics method and the integrating multiplier method for solving quasi-linear equations
3. The relationship between the Hamilton-Jacobi equations and the equations of classical mechanics
4. Existence and uniqueness theorems for solutions of partial differential equations of the first order
5. Special solutions and their role in the theory of first-order equations
6. Application of first-order equations for modeling the processes of matter and energy transfer
7. Simulation of wave propagation using first-order partial differential equations
8. Application of the method of characteristics in hydrodynamics for solving equations of gas dynamics
9. The use of Hamilton-Jacobi equations in optimal control theory
10. First-order equations in geometric optics
11. Application of first-order equations in financial mathematics
12. Traffic modeling using first-order partial differential equations
13. Legendre transformation and its application in the theory of partial differential equations of the first order
14. Numerical methods for solving first-order equations (for example, the finite difference method, the finite element method)
15. Modern research in the field of partial differential equations of the first order

6.3. Typical control questions and assignments for interim certification

Exam Questions:

Section 1: Introduction and Basic Concepts

1. Define partial differential equations of the first order. Give examples of linear, quasi-linear, and nonlinear equations.
2. What is the solution of a partial differential equation of the first order? Give a geometric interpretation of the solution.
3. Formulate a definition of characteristic curves for a linear homogeneous equation of the first order.
4. Describe a method of characteristics for solving linear homogeneous equations of the first order.
5. How is the method of characteristics used to solve linear inhomogeneous equations of the first order?

Section 2: Quasi-linear equations

6. Describe a method of characteristics for solving first-order quasi-linear equations. What is the difference from linear equations?
7. How is a characteristic system constructed for a quasi-linear equation? What are the integrals of a characteristic system?
8. Explain how quasi-linear equations are solved when they are solvable with respect to one of the derivatives.
9. Give examples of physical problems that are described by first-order quasi-linear equations.
10. What are special solutions of quasi-linear equations? What is their geometric interpretation?
11. What are discontinuities in solutions of quasi-linear equations?

Section 3: Special methods and tasks

12. Describe the integrating multiplier method for solving partial differential equations of the first order. When is it applied?
13. Tell us about Legendre transformations and their application to solving first-order NPV.
14. What is the Hamilton-Jacobi equation? How is it related to the equations of classical mechanics?
15. How is the Hamilton-Jacobi equation solved using the method of characteristics? What is a complete integral?
16. Formulate the Cauchy problem for a partial differential equation of the first order.
17. What conditions ensure the existence and uniqueness of a solution to the Cauchy problem?

Section 4: Applications and generalizations

18. Give examples of the application of partial differential equations of the first order in geometry and optics.
19. How can first-order equations be used in control problems?
20. Compare different methods for solving partial differential equations of the first order. What are their advantages and disadvantages?
21. Describe how a mathematical model is constructed to describe a process that can be represented by a first-order partial differential equation.



6.4. Evaluation criteria

On the exam, 2 questions are given from the list of questions on the topics of practical exercises. The exam duration is 90 minutes. For each completed ticket assignment, a student can receive from 1 to 3 points. If the task is completed correctly, it is rated with 3 points. If the task is completed with errors, the points decrease depending on the number of mistakes made. If one mistake is made, the building is rated with 2 points, and two mistakes are made with 1 point. If more than two mistakes are made in the assignment or the student has not completed any task from the ticket, then he receives 0 points for it. The maximum number of points per exam is 6.

The results of the current assessment are taken into account when summarizing the results. The points received for the current certification are summed up with the points received for each stage during the intermediate certification.:

The grade "unsatisfactory" is given for 13 or less points.;

The "Satisfactory" rating is given for 14-17 points (level 1);

The "Good" rating is given for 18-21 points (level 2);

An Excellent score is given for 22-26 points (level 3).

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

There are 2 reports per semester. The report is given 15-20 minutes at the end of the pair (1 report for each pair). Each student prepares a report on one of the proposed topics. The maximum number of points for reports is 20.

The score "credited" is given for 12-20 points, "not credited" - less than 12 points.

The completeness of the report is assessed according to the following criteria:

1. Completeness of the presentation of the theoretical material
2. A sufficient number of examples for the theoretical material
3. Examples of definitions and theorems are given.
4. Counterexamples are given to demonstrate under what conditions the theorems are not applicable.

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	Egorov D. L.	Equations of mathematical physics: a textbook (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=701255)	Kazan : Kazan National Research Technological University (KNRTU), 2021	ELS
L1.3	Baykov V. A., Zhiber A.V.	Equations of mathematical physics: textbook and practical course for universities (https://urait.ru/bcode/538417)	Moscow : Urait, 2024	ELS
L1.4	Yemelyanov V. M., Rybakina E. A.	Equations of mathematical physics. Problem Solving Workshop: a textbook for universities (https://e.lanbook.com/book/390614)	Saint Petersburg : Lan, 2024	ELS

7.1.2. Further reading

	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L2.1	Filippov A. F.	Introduction to the theory of differential equations: a textbook for universities	Moscow : KomKniga, 2007	



	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L2.2	Filippov A. F.	Differential equations: methodological guidelines for part-time students of mathematical faculties of universities	Moscow : Moscow State University Publishing House, 1986	
L2.3	Trenogin V. A., Nedosekina I. S.	Partial differential equations: a textbook (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275574)	Moscow : Fizmatlit, 2013	ELS

7.2. 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. METHODOLOGICAL INSTRUCTIONS FOR STUDENTS TO MASTER THE COURSE (MODULE)

Seminar (practical) classes and independent work of the student are used in the study of this course. At 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 course the student is recommended:

- attend classes, briefly and thoughtfully outline the material, indicating the date of the class and the topic;
- independently study the material both after each lesson and at the end of the topic, which allows you to link the information received and make a complete picture.

In the case of application of e-learning, distance learning technologies in teaching the course, communication between students and teacher is carried out in real time (online lectures (webinars), chats, video conferences, etc.) or delayed time (distance learning system Moodle, forums, e-mail, etc.).

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

Access of the student to learning resources in the mode of deferred time, independent work is carried out through the Internet at a convenient place, time and pace.

When training persons with disabilities, e-learning, distance education technologies provide for the possibility of receiving and transmitting information in accessible forms.



Implementation of the course with the use of e-learning, distance education technologies (hereinafter - EE, DOT) is carried out on the basis of the "Regulations on the implementation of basic and additional educational programs with the use of e-learning and distance education technologies in the federal state budgetary educational institution of higher education 'Chelyabinsk State University', "Regulations on the procedure for crediting students on basic professional educational programs of higher education In exceptional cases (force majeure, etc.) in the implementation of educational activities with the use of E-Learning, DOT may apply 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 "EIBraile-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.

