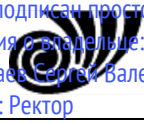


Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 08.04.2026 16:55:16 Уникальный программный ключ: 04c19ed88bf98f3b6cb77a486b9a8788b83232323	 МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Теория разрешающих семейств дробных дифференциальных уравнений" по направлению подготовки (специальности) 01.04.01 "Математика" направленности (профилю) Уравнения с дробными производными ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
---	---	---	--------

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Теория разрешающих семейств дробных дифференциальных уравнений

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 "Теория разрешающих семейств дробных дифференциальных уравнений" является изучение фундаментальных концепций и методов теории разрешающих семейств для анализа и решения дробных дифференциальных уравнений. Курс нацелен на формирование у студентов глубокого понимания дробного исчисления, его применения в моделировании сложных динамических систем, а также развитие навыков использования абстрактных математических инструментов для исследования решений этих уравнений.

Задачам изучения дисциплины являются:

- Ознакомление с основными понятиями дробного исчисления: Изучение различных определений дробных производных и интегралов (Римана-Лиувилля, Капуто, Грюнвальда-Летникова и др.), их свойств и взаимосвязей.
- Изучение теории разрешающих семейств для дробных дифференциальных уравнений: Освоение определения, свойств и методов построения разрешающих семейств, а также их связи с решениями дробных дифференциальных уравнений.
- Владение методами анализа дробных дифференциальных уравнений: Изучение методов существования и единственности решений, спектральной теории, теории полугрупп, а также методов асимптотического анализа и анализа устойчивости.
- Формирование навыков построения математических моделей с использованием дробных дифференциальных уравнений: Развитие способности формулировать реальные процессы и явления в виде дробных дифференциальных уравнений, обосновывая выбор дробного порядка.
- Изучение применения дробных дифференциальных уравнений для моделирования различных процессов: Рассмотрение примеров моделирования процессов в физике, механике, биологии, финансах и других областях, где дробное исчисление играет важную роль.
- Развитие способности проводить анализ устойчивости и асимптотического поведения решений дробных дифференциальных уравнений: Изучение методов исследования долгосрочного поведения решений с использованием теории разрешающих семейств.
- Создание целостной картины современных математических методов в области дробных дифференциальных уравнений: Формирование понимания о взаимосвязи дробного исчисления, теории разрешающих семейств и других методов.
- Развитие навыков самостоятельного изучения современной научной литературы: Подготовка студентов к самостоятельному исследованию последних достижений в области теории дробных дифференциальных уравнений и их приложений.

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.01.02

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Дробное интегро-дифференциальное исчисление

Преобразование Лапласа векторнозначных функций

Преобразование Фурье векторнозначных функций

Линейные операторы и оператор-функции

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.



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 теории разрешающих семейств для дробных дифференциальных уравнений.

Уметь:

собирать и анализировать информацию по тематике теории разрешающих семейств дробных дифференциальных уравнений, включая их теоретические аспекты и применения.

Владеть:

навыками применения теории разрешающих семейств для исследования решений дробных дифференциальных уравнений и анализа их свойств, включая асимптотическое поведение и устойчивость.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные теоретические положения и методы теории разрешающих семейств для дробных дифференциальных уравнений.
3.2	Уметь:
3.2.1	собирать и анализировать информацию по тематике теории разрешающих семейств дробных дифференциальных уравнений, включая их теоретические аспекты и применения.
3.3	Владеть:
3.3.1	применения теории разрешающих семейств для исследования решений дробных дифференциальных уравнений и анализа их свойств, включая асимптотическое поведение и устойчивость.

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. Дробное интегрирование и дифференцирование			
1.1	Дробное интегрирование и дифференцирование /Пр/	2	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3
1.2	Операторы дробного дифференцирования в пространствах L_p /Пр/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3
1.3	Аналитические разрешающие семейства операторов /Пр/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3
1.4	Операторы решения /Пр/	2	10	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3



Рабочая программа дисциплины "Теория разрешающих семейств дробных дифференциальных уравнений" по направлению подготовки (специальности) 01.04.01 "Математика" направленности (профилю) Уравнения с дробными производными ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 5

1.5	Полугруппа операторов /Пр/	2	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3
1.6	Lp-разрешимость /Пр/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3
1.7	Выполнение домашних работ, подготовка к контрольным работам. Подготовка к экзамену /Ср/	2	34,7	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3
Раздел 2. Иная контактная работа				
2.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	2	3,3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1

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. Дробное интегрирование и дифференцирование
2. Функция Миттаг-Леффлера
3. Функция Райта
4. Операторы дробного дифференцирования в пространствах L_p
5. Операторы решения
6. Аналитические операторы решения
7. Аппроксимация
8. Принцип подчинения и его обратимость
9. Формула обращения
10. Полугруппа операторов подчинения
11. Понятие максимальной регулярности L_p
12. Максимальная L_p -регулярность для уравнений дробного порядка
13. Строгие L_p -решения уравнений дробного порядка

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену:

1. Основные определения и теоремы
2. Дробное интегрирование и дифференцирование
3. Функция Миттаг-Леффлера
4. Функция Райта
5. Операторы дробного дифференцирования в пространствах L_p
6. Операторы решения
7. Аналитические операторы решения
8. Аппроксимация
9. Принцип подчинения и его обратимость
10. Формула обращения
11. Полугруппа операторов подчинения
12. Понятие максимальной регулярности L_p
13. Максимальная L_p -регулярность для уравнений дробного порядка
14. Строгие L_p -решения уравнений дробного 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	Кутузов А. С.	Введение в функциональный анализ: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=571413)	Москва, Берлин : Директ -Медиа, 2020	ЭБС
Л1.2	Кириллов К. А., Кириллова С. В., Кытманов А. А.	Функциональный анализ: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=705346)	Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2022	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Иосида К.	Функциональный анализ: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459742)	Москва : Мир, 1967	ЭБС
Л2.2	Федоров В. Е., Мирдак Н. П.	Полугруппы и группы операторов с ядрами: учебное пособие	Челябинск : Челяб. гос. ун-т, 1998	

7.1.3. Методические разработки

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л3.1	Свиридюк Г. А., Федоров В. Е.	Линейные уравнения соболевского типа: учебное пособие для вузов	Челябинск : Издательство Челябинского государственно го университета, 2003	

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 РАО 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)*
Theory of Resolving Families for Fractional 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 "Theory of resolving families of fractional differential equations" is to study the fundamental concepts and methods of the theory of resolving families for the analysis and solution of fractional differential equations. The course is aimed at developing students' deep understanding of fractional calculus, its application in modeling complex dynamical systems, as well as developing skills in using abstract mathematical tools to study solutions to these equations.

The goals of the course include:

- Introduction to the basic concepts of fractional calculus: The study of various definitions of fractional derivatives and integrals (Riemann-Liouville, Caputo, Grunwald-Letnikov, etc.), their properties and relationships.
- Study of the theory of resolving families for fractional differential equations: Mastering the definition, properties and methods of constructing resolving families, as well as their relationship to solutions of fractional differential equations.
- Mastering the methods of fractional differential equation analysis: Studying the methods of existence and uniqueness of solutions, spectral theory, semigroup theory, as well as methods of asymptotic analysis and stability analysis.
- Formation of skills in constructing mathematical models using fractional differential equations: Development of the ability to formulate real processes and phenomena in the form of fractional differential equations, justifying the choice of fractional order.
- Studying the use of fractional differential equations for modeling various processes: Reviewing examples of process modeling in physics, mechanics, biology, finance, and other fields where fractional calculus plays an important role.
- Developing the ability to analyze the stability and asymptotic behavior of solutions to fractional differential equations: Studying methods for investigating the long-term behavior of solutions using the theory of resolving families.
- Creating a holistic picture of modern mathematical methods in the field of fractional differential equations: Forming an understanding of the relationship between fractional calculus, the theory of resolving families and other methods.
- Developing the skills of independent study of modern scientific literature: Preparing students for independent research of the latest achievements in the field of fractional differential equations theory and their applications.

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.01.02

2.1 Requirements for the student's pre-training:

To successfully master the discipline, knowledge of the disciplines "Mathematical Analysis", "Linear Algebra", "Differential equations", "Functional Analysis", "Complex Analysis" is required. And also

Fractional integro-differential calculus

Laplace Transform of Vector-Valued Functions

Fourier Transform of Vector-Valued Functions

Linear Operators and Operator Functions

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

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



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:

the main theoretical principles and methods of the theory of resolving families for fractional differential equations.

Be able to:

collect and analyze information on the theory of resolving families of fractional differential equations, including their theoretical aspects and applications.

Possess

skills in applying the theory of resolving families to investigate solutions of fractional differential equations and analyze their properties, including asymptotic behavior and stability.

As a result of mastering the course, the student must

3.1 Know:	
3.1.1	the main theoretical principles and methods of the theory of resolving families for fractional differential equations.
3.2 Be able to:	
3.2.1	collect and analyze information on the theory of resolving families of fractional differential equations, including their theoretical aspects and applications.
3.3 Possess:	
3.3.1	skills in applying the theory of resolving families to investigate solutions of fractional differential equations and analyze their properties, including asymptotic behavior and stability.

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: Exam 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. Fractional integration and differentiation			
1.1	Fractional integration and differentiation /Pr/	2	6	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L3.1 W1 W2 W3
1.2	Fractional differentiation operators in L_p spaces /Pr/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L3.1 W1 W2 W3
1.3	Analytical resolving families of operators /Pr/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L3.1 W1 W2 W3



1.4	Solution Operators /Pr/	2	10	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L3.1 W1 W2 W3
1.5	Semigroup of operators /Pr/	2	6	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L3.1 W1 W2 W3
1.6	Lp-solvability /Pr/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L3.1 W1 W2 W3
1.7	Doing homework, preparing for exams. Exam Preparation /IndW/	2	34,7	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L3.1 W1 W2 W3
Section 2. Other contact work				
2.1	Individual consultations, ongoing monitoring /OCW/	2	3,3	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L3.1 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. Fractional integration and differentiation
 2. The Mittag-Leffler function
 3. The Wright function
 4. Fractional differentiation operators in Lp spaces
 5. Solution operators
 6. Analytical solution operators
 7. Approximation
 8. The principle of subordination and its reversibility
 9. The conversion formula
 10. The semigroup of subordination operators
 11. The concept of maximum Lp regularity
 12. Maximum Lp-regularity for fractional order equations
 13. Strict Lp solutions of fractional order equations

6.3. Typical control questions and assignments for interim certification

- Exam questions:
1. Basic definitions and theorems
 2. Fractional integration and differentiation
 3. The Mittag-Leffler function
 4. The Wright function
 5. Fractional differentiation operators in Lp spaces
 6. Solution Operators
 7. Analytical solution operators
 8. Approximation
 9. The principle of subordination and its reversibility
 10. The conversion formula
 11. The semigroup of subordination operators
 12. The concept of maximum Lp regularity
 13. Maximum Lp-regularity for fractional order equations
 14. Strict Lp solutions of fractional order equations



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

7.1. Recommended literature

7.1.1. Basic literature

	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L1.1	Kutuzov A. S.	Introduction to Functional Analysis: a textbook (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=571413)	Moscow, Berlin : Direct-Media, 2020	ELS
L1.2	Kirillov K. A., Kirillova S. V., Kytmanov A. A.	Functional Analysis: a textbook (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=705346)	Krasnoyarsk : Siberian Federal University (SFU), 2022	ELS
L1.3	Novak E. V., Ryazanova T. V., Novak I. V.	Integral calculus and differential equations: a textbook for universities (https://urait.ru/bcode/538970)	Moscow : Urait, 2024	ELS

7.1.2. Further reading

	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L2.1	Yoshida K.	Functional analysis: scientific literature (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459742)	Moscow : Mir Publ., 1967	ELS
L2.2	Fedorov V. E., Mirdak N. P.	Semigroups and groups of operators with kernels: a textbook	Chelyabinsk : Chelyabinsk State University, 1998	

7.1.3. Methodological developments

	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L3.1	Sviridyuk G. A., Fedorov V. E.	Linear equations of the Sobolev type: A textbook for universities	Chelyabinsk : CSU Publishing House, 2003	

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)

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.

