

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 15.06.2026 12:25:16  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed81f98f3b6b77e48c89a8788b83d2513



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) "Численные методы решения дробных дифференциальных уравнений" по направлению подготовки (специальности) 01.04.01 «Математика» направленности (профилю) Уравнения с дробными производными ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Фонд оценочных средств  
для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
**Численные методы решения дробных дифференциальных уравнений**

Направление подготовки (специальность)  
**01.04.01 «Математика»**

Направленность (профиль)  
**«Уравнения с дробными производными»**

Присваиваемая квалификация  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

Челябинск, 2026 г.



## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств .....	3
2. Перечень формируемых компетенций .....	4
3. Содержание оценочных средств по дисциплине .....	7
3.1. Виды оценочных средств .....	7
3.2. Содержание оценочных средств .....	12
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации .....	14
4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации .....	14
4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств .....	14
4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций.....	15



## 1. Паспорт фонда оценочных средств

Направление подготовки: 01.04.01 Математика.

Направленность: Уравнения с дробными производными.

Дисциплина: Численные методы решения дробных дифференциальных уравнений.

Семестры: 3.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Балльно-рейтинговая система оценки знаний студента по дисциплине выстраивается на основе балловой оценки различных форм деятельности студентов.



## 2. Перечень формируемых компетенций

Изучение дисциплины «Численные методы решения дробных дифференциальных уравнений» направлено на формирование компетенций, приведённых в таблице 1.

Таблица 1. Результаты обучения по дисциплине.

Код и наименование компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП ВО	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
<b>УК-1</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	<b>УК-1.1.</b> Критически анализирует проблемную ситуацию с целью выработки стратегии действий, аргументировано формулирует собственные суждения и оценки. <b>УК-1.2.</b> Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения проблемной ситуации.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>основные определения и свойства дробных производных и интегралов (в смысле Капуто, Римана-Лиувилля, и других), основные подходы к построению численных методов решения дробных дифференциальных уравнений, а также их связь с аналитическими методами. Понимает ограничения и область применимости различных численных методов, их сходимость, устойчивость, и погрешности. Знает основные типы проблем, которые моделируются дробными дифференциальными уравнениями и их особенности.</li></ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>применять различные численные методы для решения дробных дифференциальных уравнений, включая методы конечных разностей и другие. Способен самостоятельно выбирать наиболее подходящий метод для решения конкретной задачи, обосновывая свой выбор на основе анализа свойств и особенностей уравнения. Умеет разрабатывать алгоритмы, необходимые для программной реализации численных методов, и адаптировать существующие методы для решения новых задач. Способен оценить и проанализировать получаемые результаты, и провести верификацию численных решений.</li></ul> <b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>навыками самостоятельного проведения численного моделирования систем, описываемых дробными дифференциальными уравнениями,</li></ul>



Код и наименование компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП ВО	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
		включая постановку задачи, выбор численного метода, программную реализацию алгоритма, проведение вычислительных экспериментов, анализ результатов, и выявление потенциальных проблем и погрешностей.
<b>ПК-3</b> Способен понимать принципы работы современных электронно-вычислительных машин, работать в команде, управлять командной работой	<b>ПК-3.1.</b> Обладает знаниями об особенностях устройства и эксплуатации ЭВМ, основных прикладных программных пакетах и операционных системах. <b>ПК-3.2.</b> Демонстрирует умение: обрабатывать информацию и вводить ее в ЭВМ; систематизировать, форматировать, записывать данные на носители и в облако. <b>ПК-3.3.</b> Имеет практический опыт (навыки): настройки ЭВМ и установки причин сбоев работы ЭВМ.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>основные определения и свойства дробных производных и интегралов (в смысле Капуто, Римана-Лиувилля, и других), основные подходы к построению численных методов решения дробных дифференциальных уравнений, а также их связь с аналитическими методами.</li></ul> <b>Понимает</b> ограничения и область применимости различных численных методов, их сходимость, устойчивость, и погрешности. Знает основные типы проблем, которые моделируются дробными дифференциальными уравнениями и их особенности. <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>применять различные численные методы для решения дробных дифференциальных уравнений, включая методы конечных разностей и другие. Способен самостоятельно выбирать наиболее подходящий метод для решения конкретной задачи, обосновывая свой выбор на основе анализа свойств и особенностей уравнения. Умеет разрабатывать алгоритмы, необходимые для программной реализации численных методов, и адаптировать существующие методы для решения новых задач. Способен оценить и проанализировать получаемые результаты, и провести верификацию численных решений.</li></ul> <b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>навыками самостоятельного проведения численного моделирования систем, описываемых дробными</li></ul>



Код и наименование компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП ВО	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
		дифференциальными уравнениями, включая постановку задачи, выбор численного метода, программную реализацию алгоритма, проведение вычислительных экспериментов, анализ результатов, и выявление потенциальных проблем и погрешностей.



### 3. Содержание оценочных средств по дисциплине

#### 3.1. Виды оценочных средств

Таблица 2. Виды оценочных средств.

Код, наименование компетенции согласно ФГОС	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Контролируемые темы/разделы	Семестр	Номер задания	Наименование оценочного средства
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	<b>1.1 знать:</b> основные определения и свойства дробных производных и интегралов (в смысле Капуто, Римана-Лиувилля, и других), основные подходы к построению численных методов решения дробных дифференциальных уравнений, а также их связь с аналитическим и методами. Понимает ограничения и область применимости различных численных методов, их сходимость, устойчивость, и погрешности.	Численное решение дробных дифференциальных уравнений	3	1-2	Задание открытого типа с развернутым ответом



	Знает основные типы проблем, которые моделируются дробными дифференциальными уравнениями и их особенности.				
	<b>1.2 уметь:</b> применять различные численные методы для решения дробных дифференциальных уравнений, включая методы конечных разностей и другие. Способен самостоятельно выбирать наиболее подходящий метод для решения конкретной задачи, обосновывая свой выбор на основе анализа свойств и особенностей уравнения. Умеет разрабатывать алгоритмы, необходимые для программной	Численное решение дробных дифференциальных уравнений	3	2-3	Задание открытого типа с развернутым ответом



	реализации численных методов, и адаптировать существующие методы для решения новых задач. Способен оценить и проанализировать получаемые результаты, и провести верификацию численных решений.				
	<b>1.3 владеть:</b> навыками самостоятельного проведения численного моделирования систем, описываемых дробными дифференциальными уравнениями, включая постановку задачи, выбор численного метода, программную реализацию алгоритма, проведение вычислительных экспериментов, анализ результатов, и выявление потенциальных	Численное решение дробных дифференциальных уравнений	3	4	Задание открытого типа с развернутым ответом



	проблем и погрешностей.				
<b>ПК-3</b> Способен понимать принципы работы современных электронно-вычислительных и вычислительных машин, работать в команде, управлять командной работой	<b>3.1 Знать:</b> основные определения и свойства дробных производных и интегралов (в смысле Капуто, Римана-Лиувилля, и других), основные подходы к построению численных методов решения дробных дифференциальных уравнений, а также их связь с аналитическим и методами. Понимает ограничения и область применимости различных численных методов, их сходимость, устойчивость, и погрешности. Знает основные типы проблем, которые моделируются дробными дифференциальными	Численное решение дробных дифференциальных уравнений	3	9	Задание открытого типа с развернутым ответом



	уравнениями и их особенностями				
	<b>3.2 Уметь:</b> применять различные численные методы для решения дробных дифференциальных уравнений, включая методы конечных разностей и другие. Способен самостоятельно выбирать наиболее подходящий метод для решения конкретной задачи, обосновывая свой выбор на основе анализа свойств и особенностей уравнения. Умеет разрабатывать алгоритмы, необходимые для программной реализации численных методов, и адаптировать существующие методы для решения новых задач. Способен	Численное решение дробных дифференциальных уравнений	3	1-4	Задание открытого типа с развернутым ответом



	оценить и проанализировать получаемые результаты, и провести верификацию численных решений				
	<b>3.3 Владеть:</b> навыками самостоятельного проведения численного моделирования систем, описываемых дробными дифференциальными уравнениями, включая постановку задачи, выбор численного метода, программную реализацию алгоритма, проведение вычислительных экспериментов, анализ результатов, и выявление потенциальных проблем и погрешностей	Численное решение дробных дифференциальных уравнений	3	10-11	Задание открытого типа с развернутым ответом

Типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе дисциплины (модуля). Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.

### 3.2. Содержание оценочных средств

Темы докладов:



1. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Задача Коши. Постановка задачи и предположения
2. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Методы, основанные на тейлоровском разложении
3. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Явный метод Эйлера
4. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Метод Эйлера с пересчетом
5. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Метод Коши
6. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Семейство явных методов Рунге-Кутты второго порядка
7. Классический алгоритм Адамса – Башфорта – Моултона
8. Дробная формулировка
9. Численные схемы для многочленных уравнений
10. Преобразование в системы одного порядка
11. Преобразование в системы нескольких порядков

#### Вопросы к зачету

1. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Задача Коши. Постановка задачи и предположения
2. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Методы, основанные на тейлоровском разложении
3. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Явный метод Эйлера
4. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Метод Эйлера с пересчетом
5. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Метод Коши
6. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Семейство явных методов Рунге-Кутты второго порядка
7. Классический алгоритм Адамса – Башфорта – Моултона
8. Дробная формулировка
9. Численные схемы для многочленных уравнений
10. Преобразование в системы одного порядка
11. Преобразование в системы нескольких порядков



#### 4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

##### 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

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.

##### 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

Высокий уровень освоения проверяемых компетенций	Средний уровень освоения проверяемых компетенций	Базовый уровень освоения проверяемых компетенций	Низкий уровень освоения проверяемых компетенций
6 баллов	5 баллов	4 балла	0 – 3 балла
Обучающийся последовательно, грамотно и логически стройно излагает материал; владеет основными математическими методами и алгоритмами решения задач; умеет строить математические модели, увязывать теорию с практикой, показывает умение применять знания.	Обучающийся грамотно и по существу излагает материал; владеет основными математическими методами; не допускает существенных ошибок, но испытывает затруднения в выводах и доказательствах; умеет применять основные положения и формулы для решения задач.	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не умеет делать выводов и доказательств; допускает ошибки, приводит недостаточно правильные формулировки; с трудом увязывает основные положения с практикой.	Обучающийся не знает основополагающих вопросов изучаемого курса или значительной части программного материала; допускает ошибки, обнаруживает неумение их исправлять; не может увязать теорию с практикой.

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.



### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

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).

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично:
  - предполагает формирование компетенций на высоком уровне, готовность к самостоятельной профессиональной деятельности: формируются навыки устанавливать связи между различными понятиями и с другими областями математики, навыки доказывать теоремы, навыки систематизации данных, необходимых для приложения полученных знаний в различных областях.
  - студент способен дать полное представление об основных понятиях численных методов и теории дробных производных, использовать математический язык, способен решать задачи и упражнения, используя определения, теоремы и технические приёмы, формулировать собственные выводы.
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо:
  - предполагает формирование компетенций на более высоком уровне: формируется комплексное знание связи между различными понятиями и с другими областями математики, навыки доказывать теоремы;
  - студент способен использовать математический язык, способен решать задачи и упражнения, используя определения, теоремы и технические приёмы.
  - студент способен давать развернутые ответы на теоретические вопросы дисциплины на уровне не ниже оценки «удовлетворительно».
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно:
  - предполагает формирование компетенций на начальном уровне: знание основных понятий и теорем численных методов и дробных дифференциальных уравнений необходимых для решения задач в профессиональной деятельности;
  - студент способен решать базовые задачи. Количество правильных ответов – не менее 50%.
4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно.



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION  
Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education  
“Chelyabinsk State University” (FSBEI HE “CSU”)

Evaluation Fund for interim certification of the course (module) “Numerical Methods for Solving Fractional  
Differential Equations” in the master’s program 01.04.01 “Mathematics” direction Fractional Differential  
Equations FSBEI HE “CSU”

pp. 1

Evaluation Fund  
for interim certification  
on course (module)  
**Numerical Methods for Solving Fractional Differential Equations**

Master's Program  
**01.04.01 «Mathematics»**

Direction  
«Fractional Differential Equations»

Degree  
**Master’s**

Mode of study  
**Full-time**

Chelyabinsk, 2026



## Table of Contents

1. Passport of the assessment fund .....	3
2. List of competencies to be formed .....	4
3. Content of assessment tools for the course .....	6
3.1. Types of assessment tools .....	6
3.2. Content of assessment tools .....	10
4. Procedure for conducting and criteria for evaluation of interim certification.....	12
4.1. Procedure for interim certification.....	12
4.2. Assessment criteria for interim certification by types of assessment tools .....	12
4.3. Results of interim attestation and levels of competencies formed.....	13



## 1. Passport of the assessment fund

Master’s program: 01.04.01 Mathematics.

Direction: Fractional Differential Equations.

Course: Numerical Methods for Solving Fractional Differential Equations.

Semesters: 3.

The form of the interim assessment: credit.

The point-rating system for assessing a student's knowledge in a course is based on a point assessment of various forms of student activity.



## 2. List of competencies to be formed

The study of the course "Numerical Methods for Solving Fractional Differential Equations" is aimed at the formation of competences given in Table 1.

Table 1. Learning outcomes of the course.

Code and name of competencies according to FSBE (BPEP HE)	Indicators of competence achievement according to BPEP HE	List of planned learning outcomes of the course
1	2	3
UC-1 Able to critically analyse problem situations on the basis of a systematic approach, develop a strategy of action	UC-1.1. Critically analyzes the problematic situation in order to develop an action strategy, formulates his own judgments and assessments in a reasoned manner. UC-1.2. Uses critical analysis, systematization and generalization of information to solve a problem situation.	Know: <ul style="list-style-type: none"> <li>the main definitions and properties of fractional derivatives and integrals (in the sense of Caputo, Riemann-Liouville, and others), the main approaches to the construction of numerical methods for solving fractional differential equations, as well as their relationship to analytical methods. Understands the limitations and scope of various numerical methods, their convergence, stability, and errors. He knows the main types of problems that are modeled by fractional differential equations and their features.</li> </ul> Be able to: <ul style="list-style-type: none"> <li>Apply various numerical methods to solve fractional differential equations, including finite difference methods and others. He is able to independently choose the most appropriate method for solving a specific problem, justifying his choice based on an analysis of the properties and features of the equation. He is able to develop algorithms necessary for the software implementation of numerical methods and adapt existing methods to solve new problems. He is able to evaluate and analyze the results obtained, and verify numerical solutions.</li> </ul> Possess: <ul style="list-style-type: none"> <li>skills to independently conduct numerical modeling of systems described by fractional differential equations, including problem formulation, choice of numerical method, software implementation of algorithm, conducting computational experiments, analyzing results, and identifying potential problems and errors.</li> </ul>



Code and name of competencies according to FSBE (BPEP HE)	Indicators of competence achievement according to BPEP HE	List of planned learning outcomes of the course
1	2	3
<p><b>PC-3</b> Able to understand the principles of operation of modern electronic computers and computing machines, work in a team, manage teamwork</p>	<p>PC-3.1. Has knowledge about the features of computer design and operation, about the main application software packages and operating systems.</p> <p>PC-3.2. Demonstrates the ability to: process information and enter it into a computer; organize, format, record data on media and in the cloud.</p> <p>PC-3.3. Has practical experience (skills) in setting up computers and setting the causes of computer failures.</p>	<p>Know:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>about the features of the device and operation of modern computing systems, including high-performance computing clusters and parallel architectures. He knows about the main specialized application software packages used for numerical modeling, including packages for solving fractional differential equations, as well as about modern operating systems and software environments used for scientific computing.</li> </ul> <p>Be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>process, enter, organize, and analyze numerical data obtained as a result of computational experiments with fractional differential equations, including the use of data visualization tools to present the results.</li> </ul> <p>Possess:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>skills in configuring computing systems and software environments for conducting computational experiments in the field of numerical solution of fractional differential equations, including installation and configuration of software packages, as well as optimization of computing processes.</li> </ul>



### 3. Content of assessment tools for the course

#### 3.1. Types of assessment tools

Table 2. Types of assessment tools.

Code and name of competencies according to FSBE (BPEP HE)	List of planned learning outcomes for the discipline	Controlled Topics/ Sections	Semester	Task number	Name of the assessment tool
UC-1 Able to critically analyse problem situations on the basis of a systematic approach, develop a strategy of action	<b>1.1 Know:</b> the main definitions and properties of fractional derivatives and integrals (in the sense of Caputo, Riemann-Liouville, and others), the main approaches to the construction of numerical methods for solving fractional differential equations, as well as their relationship to analytical methods. Understands the limitations and scope of various numerical methods, their convergence, stability, and errors. He knows the main types of problems that	Numerical solution of fractional differential equations	3	1-2	Open-ended question with a detailed answer



	are modeled by fractional differential equations and their features.				
	<b>1.2 Be able to:</b> Apply various numerical methods to solve fractional differential equations, including finite difference methods and others. He is able to independently choose the most appropriate method for solving a specific problem, justifying his choice based on an analysis of the properties and features of the equation. He is able to develop algorithms necessary for the software implementation of numerical methods and adapt existing methods to solve new problems. He is able to evaluate and analyze the	Numerical solution of fractional differential equations	3	2-3	Open-ended question with a detailed answer



	results obtained, and verify numerical solutions.				
	<b>1.3 Possess:</b> skills to independently conduct numerical modeling of systems described by fractional differential equations, including problem formulation, choice of numerical method, software implementation of algorithm, conducting computational experiments, analyzing results, and identifying potential problems and errors.	Numerical solution of fractional differential equations	3	4	Open-ended question with a detailed answer
<b>PC-3</b> Able to understand the principles of operation of modern electronic computers and computing machines, work in a team, manage teamwork	<b>3.1 Know:</b> about the features of the device and operation of modern computing systems, including high-performance computing clusters and parallel architectures.	Numerical solution of fractional differential equations	3	9	Open-ended question with a detailed answer



	He knows about the main specialized application software packages used for numerical modeling, including packages for solving fractional differential equations, as well as about modern operating systems and software environments used for scientific computing				
	<b>3.2 Be able to:</b> process, enter, organize, and analyze numerical data obtained as a result of computational experiments with fractional differential equations, including the use of data visualization tools to present the results	Numerical solution of fractional differential equations	3	1-4	Open-ended question with a detailed answer
	<b>3.3 Possess:</b> skills in configuring computing systems and software environments	Numerical solution of fractional differential equations	3	10-11	Open-ended question with a detailed answer



	for conducting computational experiments in the field of numerical solution of fractional differential equations, including installation and configuration of software packages, as well as optimization of computing processes				
--	---	--	--	--	--

Standard tasks, criteria and assessment indicators within the framework of the ongoing control are presented in the work program of the course (module). Complete sets of assessment tools and control and measuring materials are stored at the department.

### 3.2. Content of assessment tools

Topics of the reports:

1. Numerical methods for solving differential equations. The Cauchy problem. Problem statement and assumptions
2. Numerical methods for solving differential equations. Methods based on the Taylor expansion
3. Numerical methods for solving differential equations. The explicit Euler method
4. Numerical methods for solving differential equations. Euler's method with recalculation
5. Numerical methods for solving differential equations. The Cauchy method
6. Numerical methods for solving differential equations. The family of explicit second-order Runge-Kutta methods
7. The classical Adams–Bashfort–Moulton algorithm
8. Fractional formulation
9. Numerical schemes for polynomial equations
10. Transformation into systems of the same order
11. Transformation into systems of several orders

Questions for credit:

1. Numerical methods for solving differential equations. The Cauchy problem. Problem statement and assumptions
2. Numerical methods for solving differential equations. Methods based on the Taylor expansion
3. Numerical methods for solving differential equations. The explicit Euler method
4. Numerical methods for solving differential equations. Euler's method with recalculation
5. Numerical methods for solving differential equations. The Cauchy method
6. Numerical methods for solving differential equations. The family of explicit second-order Runge-Kutta methods



7. The classical Adams–Bashfort–Moulton algorithm
8. Fractional formulation
9. Numerical schemes for polynomial equations
10. Transformation into systems of the same order
11. Transformation into systems of several orders



#### 4. Procedure for conducting and criteria for evaluation of interim certification

##### 4.1. Procedure for interim certification

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.

##### 4.2. Assessment criteria for interim certification by types of assessment tools

High level of mastery of the tested competencies	Average level of mastering the tested competencies	Basic level of mastering the competencies being tested	Low level of mastery of the tested competencies
6 points	5 points	4 points	0 – 3 points
The student consistently, competently and logically presents the material; possesses basic mathematical methods and algorithms for solving problems; is able to build mathematical models, link theory and practice, shows the ability to apply knowledge.	The student presents the material competently and substantially; knows the basic mathematical methods; does not make significant errors, but has difficulties in conclusions and proofs; is able to apply the basic provisions and formulas to solve problems.	The student has knowledge only of the basic material, but is not able to draw conclusions and evidence; makes mistakes, provides insufficiently correct formulations; has difficulty linking the main provisions with practice.	The student does not know the fundamental issues of the course or a significant part of the program material, makes mistakes, reveals the inability to correct them, can not link theory and practice.

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.



### 4.3. Results of interim attestation and levels of competencies formed

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 score "not counted" is given for 19 or less points.;

The "credited" score is given for 20 or more points:

20-26 points (level 1);

27-30 points (level 2);

31-36 points (level 3).

The specifics of the procedure for assessing the learning outcomes of people with disabilities and people with disabilities are outlined in the work program of the course (module).

The levels of competence formation are defined as follows

1. A high level of competence formation corresponds to an excellent assessment:

- involves the formation of competencies at a high level, readiness for independent professional activity: skills are formed to establish connections between different concepts and with other areas of mathematics, skills to prove theorems, skills to systematize data necessary for the application of acquired knowledge in various fields.

- the student is able to give a complete understanding of the basic concepts of numerical methods and the theory of fractional derivatives, use mathematical language, is able to solve problems and exercises using definitions, theorems and techniques, and formulate their own conclusions.

2. The average level corresponds to the assessment of good:

- involves the formation of competencies at a higher level: a comprehensive knowledge of the relationship between various concepts and other areas of mathematics is formed, skills to prove theorems;

- the student is able to use mathematical language, is able to solve problems and exercises using definitions, theorems and techniques.

- the student is able to give detailed answers to the theoretical questions of the course at a level not lower than the grade "satisfactory".

3. The basic level corresponds to the grade satisfactory:

- involves the formation of competencies at the initial level: knowledge of the basic concepts and theorems of numerical methods and fractional differential equations necessary to solve problems in professional activity;

- the student is able to solve basic tasks. The number of correct answers is at least 50%.

4. A low level corresponds to an unsatisfactory assessment.

