

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН
01.00.00 «Математика и механика»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

Компьютерные методы решения многомерных задач

Рекомендуется для направления подготовки

01.04.02 — Прикладная математика и информатика

(указываются код и наименования направления(ий) подготовки (специальности (ей) и/или профилей (специализаций))

Направленность программы

Теория вероятностей и математическая статистика

(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))

Квалификация (степень) выпускника магистр

(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ОС ВО РУДН)

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель курса: формирование у студентов навыков применения и исследования математических моделей, основанных на уравнения в частных производных, а также компетенцией по применению специализированного компьютерного обеспечения в области математической физики и численных методов.

К основным задачам изучения дисциплины относятся:

- изучение современных методов исследования классических моделей математической физики, в том числе метода конечных элементов,
- овладение навыками решения краевых и начально-краевых задач с использованием специализированного программного обеспечения (ПО).

2. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Универсальные компетенции			
	УК-1; УК-7	Дисциплины ОПОП за первый год обучения	НИР, Практика, ВКР
Общепрофессиональные компетенции			
	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4	Дисциплины ОПОП за первый год обучения	НИР, Практика, ВКР
Профессиональные компетенции (вид профессиональной деятельности _ - научно-исследовательский)			
	ПК-1	Дисциплины ОПОП за первый год обучения	НИР, Практика, ВКР

УК-1 — Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

УК-7 — Способен: искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных;

ОПК-1 — Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики;

ОПК-2 — Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач;

ОПК-3 — Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности;

ОПК-4 — Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности;

ПК-1 — Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:
УК-1; УК-7; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ПК-1

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.

- **УК-1.1** Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.
- **УК-1.2** Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.
- **УК-1.3** Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов.

УК-7 Способен: искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.

- **УК-7.1** Знает принципы применения цифровых технологий для сбора, отбора и обобщения информации.
- **УК-7.2** Умеет применять цифровые технологии для поиска, обработки, анализа, хранения и представления информации в области прикладной математики и информатики.
- **УК-7.3** Владеет навыками применения цифровых технологий и методов поиска, обработки, анализа, хранения и представления информации в области прикладной математики и информатики.

ОПК-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики

- **ОПК-1.1** Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук.
- **ОПК-1.2** Умеет использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, в профессиональной деятельности.
- **ОПК-1.3** Владеет навыками осуществлять выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.

ОПК-2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач.

- **ОПК-2.1** Способен совершенствовать и (или) разрабатывать новые математические методы для разработки и реализации алгоритмов решения задач (в том числе с использованием программных средств) в области профессиональной деятельности

ОПК-3 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности.

- **ОПК-3.1** Способен модифицировать и (или) разрабатывать, анализировать и реализовывать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении.

ОПК-4 Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности.

- **ОПК-4.1** Знает принципы сбора и анализа информации по проводимым исследованиям.
- **ОПК-4.2** Умеет комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

ПК-1 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и

результатов исследований.

- **ПК-1.1** Знает основы научно-исследовательской деятельности в области прикладной математики и информационных технологий; владеет знанием основ философии и методологии науки; владеет методами научных исследований, умеет применять их на практике.
- **ПК-1.2** Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и иностранном языке; способен готовить публикации в научно-технических тематических изданиях
- **ПК-1.3** Умеет применять полученные знания в области прикладной математики и информатики, а также решать стандартные задачи собственной научно-исследовательской деятельности; умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей по тематике исследований в соответствии с выбранной методикой.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать постановки основных задач математической физики, условия их разрешимости, современные методы их решения.

Уметь использовать специализированное программное обеспечение для решения основных задач математической физики, оценивать корректность и точность полученных результатов,

Владеть навыками применения специализированного программного обеспечения, ориентированного на применение метода конечных элементов (FEA software).

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет _____ 5 _____ зачетных единиц.

Вид учебной работы		Всего часов
Аудиторные занятия (всего)		36
В том числе:		-
<i>Лекции</i>		18
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>		
<i>Семинары (С)</i>		
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>		18
Самостоятельная работа (всего)		144
Общая трудоемкость	час	180
	зач. ед.	5

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Краевые задачи для уравнения Пуассона в многомерных областях	Краевые задачи для уравнений Лапласа и Пуассона. Физический смысл краевых условий. Классическая и слабая постановки 3 краевых задач. Краевая задача в круге. Ряд Фурье. ПО для исследования решений, найденных в виде рядов. СКА Sage.
2	Применение МКЭ для	Метод конечных элементов. Кусочно-линейная аппроксимация. ПО для работы с конечными элементами. FreeFem++.

	решения краевых задач	Классическая и обобщенная постановки краевых задач. Решение краевых задач для уравнения Пуассона в произвольной плоской области по МКЭ.
3	Колебания струны	Уравнение колебаний струны. Постановка начально-краевой задачи. Метод Фурье. Метод Даламбера. Их реализация в СКА Sage.
4	Собственные колебания мембраны	2. Собственные колебания мембраны. Классическая и обобщенная постановки задачи на собственные значения оператора Лапласа. Ее решение по МКЭ и его реализация в FreeFem++. Свойства собственных значений и собственных функций. Первое собственное значение круга, прямоугольника и равностороннего треугольника. Функции Бесселя нулевого порядка нулевого порядка, ее вычисление в СКА Sage. Старшие собственные значения круга, прямоугольника и равностороннего треугольника. Функции Бесселя. Приближенное отыскание младших собственных значений по методу конечных элементов.
5	Вынужденные колебания мембраны	3. Вынужденные колебания мембраны. Классическая и обобщенная постановки начально-краевой задачи для уравнения колебаний. Метод Фурье и теорема Стеклова. Возбуждение круглой мембраны щипком. Сведение начально-краевой задачи к начальной задаче для системы линейных дифференциальных уравнений по методу конечных элементов. Исследование начальной задачи по явной схема Эйлера или путем разложения по собственным функциям (метод Фурье). Написание простейших программ в среде FreeFem++.

5.2 Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Лаборат. зан.	СРС	Всего час.
1	Краевые задачи для уравнения Пуассона в многомерных областях	3	3	27	33
2	Применение МКЭ для решения краевых задач	4	4	30	38
3	Колебания струны	3	3	27	33
4	Собственные колебания мембраны	4	4	30	38
5	Вынужденные колебания мембраны	4	4	30	38
	ИТОГО	18	18	144	180

6-7. Лабораторные и практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1.	1	Разложение функции в ряд Фурье, Sage	1
2	1	Решение краевой задачи в круге, Sage	2
3	2	Решение 3-ей краевой задачи для уравнения Пуассона в двумерной области, FreeFem++	2
4	2	Решение 1-ей краевой задачи для уравнения Лапласа в двумерной области, FreeFem++	2
5	3	Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Фурье, Sage	1
6	3	Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Даламбера, Sage	2
7	4	Отыскание младших собственных функций круга, Sage и FreeFem++	2
8	4	Отыскание младших собственных функций треугольника, Sage и FreeFem++	2
9	5	Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Фурье, FreeFem++	2
10	5	Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Эйлера, FreeFem++	2

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийная учебная аудитория для проведения лекционных занятий. Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для выполнения обучающимися лабораторных работ по дисциплине, для проведения обучающимися самостоятельной работы и компьютерного тестирования обучающихся (при необходимости).

9. Информационное обеспечение дисциплины.

а.) программное обеспечение:

ОС Linux, офисный пакет LibreOffice (лицензия MPL-2.0), ПО для просмотра pdf (например, evince (лицензия GPL-2+ CC-BY-SA-3.0)), GNU Midnight Commander (Лицензия GNU GPL 3), редакторы emacs (лицензия GPL) или vi (лицензия BSD), FreeFem++ (Лицензия LGPL-2.1), TeXLive (Лицензия GPL-2 LPPL-1.3c TeX), Sagemath (Лицензия GPLv3).

б.) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- ТУИС <http://esystem.pfur.ru>
- Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>
- NIST Цифровая энциклопедия математических функций (<https://dlmf.nist.gov>)

с.) Облачные сервисы:

- CoCalc (<https://cocalc.com>) - веб-платформа для облачных вычислений и управления курсами для вычислительной математики, является частью проекта Sage,

поддерживает редактирование рабочих листов Sage, документов LaTeX и блокнотов Jupyter, открывает доступ к экспериментам в консоли Linux (Ubuntu 18.04.2 LTS).

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Компьютерные методы математической физики : учебное пособие / С. А. Васильев, М. Д. Малых, Л. А. Севастьянов. – Москва : РУДН, 2020. – 212 с. ISBN 978-5-209-10312-7
2. Лесин, В. В. Уравнения математической физики : учеб. пособие /В.В. Лесин. — Москва : КУРС: ИНФРА-М, 2017. — 240 с. - ISBN 978-5-906818-61-4.

б) дополнительная литература

1. Жуков М. Ю., Ширяева Е. В. Использование пакета конечных элементов FreeFem++ для задач гидродинамики, электрофореза и биологии. — Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2008. — 256 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=20414219>
2. Hecht F. Freefem++/ Laboratoire Jacques-Louis Lions, Université Pierre et Marie Curie. — 3-е изд., версия 3.58-1 — Paris, 2020. — URL: www.freefem.org.
3. Голубков А. Ю., Зобнин А. И., Соколова О. В. Компьютерная алгебра в системе Sage. Учебное пособие. — МГТУ им. Н. Э. Баумана Москва, 2013. — 80 с.
4. Sage Tutorial — Версия 9.1— 2020 — URL: <https://doc.sagemath.org/html/en/tutorial>
5. Босс В. Лекции по математике. Том 11. Уравнения математической физики — URSS, 2018 — ISBN 978-5-9710-4844-2

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Курс посвящен решению задач математической физики во многомерных областях на современном персональном компьютере, рассматриваются как аналитические методы (метод Фурье), так и численные (метод конечных элементов). В качестве практических заданий предлагаются компьютерные эксперименты в средах Sage и FreeFem++.

Принципиальным отличием этого курса от классического курса математической физики является систематическое использование метода конечных элементов, в то время как в классических курсах предлагают использовать разделение переменных, разложения в ряд и интегральные уравнения. Метод конечных элементов позволяет существенно расширить класс задач, решение которых обучающиеся могут довести до конца, представив на выходе решение не в виде формул, но в виде легко читаемых графиков.

Неотъемлемой частью освоения курса является выполнение практических работ в средах Sage и FreeFem++. Обучающимся следует обращать особое внимание на то, как абстрактные конструкции вписываются в синтаксис языка FreeFem++. Практические работы можно выполнять в дисплейных классах РУДН, где уже установлено и настроено все необходимое программное обеспечение, или дома, установив самостоятельно Sage и FreeFem++. При возникновении вопросов следует прежде всего обращаться к пособию Жуков М. Ю. и Ширяева Е. В., затем к весьма подробной документации по FreeFem++, написанной Эштом.

Усвоение тем курса оценивается по выполнению практических работ.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

ФОС по дисциплине представлен в приложении к данной программе.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

доцент кафедры прикладной информатики
и теории вероятностей, д.ф.-м.н.,



М.Д. Малых

Заведующий кафедрой
прикладной информатики
и теории вероятностей, д.т.н., проф.



К.Е. Самуйлов

Руководитель программы
профессор
кафедры прикладной информатики
и теории вероятностей, д.ф.-м.н., проф.



Л.А. Севастьянов

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»
Факультет физико-математических и естественных наук*

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Компьютерные методы решения многомерных задач

(наименование дисциплины)

01.04.02 — Прикладная математика и информатика

(код и наименование направления подготовки)

«Теория вероятностей и математическая статистика»

(наименование профиля подготовки)

магистр

Квалификация (степень) выпускника

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Компьютерные методы решения многомерных задач

Направление: 01.04.02 — Прикладная математика и информатика, направленность программы: «Теория вероятностей и математическая статистика»

Код контр. компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы (формы контроля уровня освоения ООП)			Баллы раздела		
			Аудиторная работа	Самостоятельная работа	Экзамен			
			Защита лаб. раб.	Выполнение заданий по ЛР с подготовкой отчета				
УК-1; УК-7; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ПК-1	Краевые задачи для уравнения Пуассона в многомерных областях	Разложение функции в ряд Фурье, Sage	4	4	20	10		
		Решение краевой задачи в круге, Sage	4	4		10		
	Колебания струны	Решение 3-ей краевой задачи для уравнения Пуассона в двумерной области, FreeFem++	4	4		10		
		Решение 1-ей краевой задачи для уравнения Лапласа в двумерной области, FreeFem++	4	4		10		
	Вынужденные колебания мембраны	Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Фурье, Sage	4	4		10		
		Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Даламбера, Sage	4	4		10		
	Применение МКЭ для решения краевых задач	Отыскание младших собственных функций круга, Sage и FreeFem++	4	4		10		
		Отыскание младших собственных функций треугольника, Sage и FreeFem++	4	4		10		
	Собственные колебания мембраны	Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Фурье, FreeFem++	4	4		10		
		Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Эйлера, FreeFem++	4	4		10		
		Итого:		40		40	20	100

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций

УК-1; УК-7; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ПК-1
(в соответствии с ОС ВО РУДН)

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.

- **УК-1.1** Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.
- **УК-1.2** Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.
- **УК-1.3** Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов.

УК-7 Способен: искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.

- **УК-7.1** Знает принципы применения цифровых технологий для сбора, отбора и обобщения информации.
- **УК-7.2** Умеет применять цифровые технологии для поиска, обработки, анализа, хранения и представления информации в области прикладной математики и информатики.
- **УК-7.3** Владеет навыками применения цифровых технологий и методов поиска, обработки, анализа, хранения и представления информации в области прикладной математики и информатики.

ОПК-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики

- **ОПК-1.1** Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук.
- **ОПК-1.2** Умеет использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, в профессиональной деятельности.
- **ОПК-1.3** Владеет навыками осуществлять выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.

ОПК-2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач.

- **ОПК-2.1** Способен совершенствовать и (или) разрабатывать новые математические методы для разработки и реализации алгоритмов решения задач (в том числе с использованием программных средств) в области профессиональной деятельности
- **ОПК-3** Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности.
- **ОПК-3.1** Способен модифицировать и (или) разрабатывать, анализировать и реализовывать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении.

ОПК-4 Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности.

- **ОПК-4.1** Знает принципы сбора и анализа информации по проводимым исследованиям.

- **ОПК-4.2** Умеет комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

ПК-1 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

- **ПК-1.1** Знает основы научно-исследовательской деятельности в области прикладной математики и информационных технологий; владеет знанием основ философии и методологии науки; владеет методами научных исследований, умеет применять их на практике.
- **ПК-1.2** Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и иностранном языке; способен готовить публикации в научно-технических тематических изданиях
- **ПК-1.3** Умеет применять полученные знания в области прикладной математики и информатики, а также решать стандартные задачи собственной научно-исследовательской деятельности; умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей по тематике исследований в соответствии с выбранной методикой.

Балльно-рейтинговая система оценки уровня знаний

Сводная оценочная таблица дисциплины

Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы (формы контроля уровня освоения ООП)			Баллы раздела
		Аудиторная работа	Самостоятельная работа	Экзамен	
		Защита лаб. раб.	Выполнение заданий по ЛР с подготовкой отчета		
Краевые задачи для уравнения Пуассона в многомерных областях	Разложение функции в ряд Фурье, Sage	4	4	20	10
	Решение краевой задачи в круге, Sage	4	4		10
Колебания струны	Решение 3-ей краевой задачи для уравнения Пуассона в двумерной области, FreeFem++	4	4		10
	Решение 1-ей краевой задачи для уравнения Лапласа в двумерной области, FreeFem++	4	4		10
Вынужденные колебания мембраны	Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Фурье, Sage	4	4		10
	Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Даламбера, Sage	4	4		10
Применение МКЭ для решения краевых задач	Отыскание младших собственных функций круга, Sage и FreeFem++	4	4		10
	Отыскание младших собственных функций треугольника, Sage и FreeFem++	4	4		10
Собственные колебания мембраны	Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Фурье, FreeFem++	4	4		10
	Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Эйлера, FreeFem++	4	4		10
	Итого:	40	40	20	100

Таблица соответствия баллов и оценок

Баллы БРС	Традиционные оценки РФ	Оценки ECTS
95 - 100	5	A
86 - 94		B
69 - 85	4	C
61 - 68	3	D
51 - 60		E
31 - 50	2	FX
0 - 30		F
51-100	Зачет	Passed

Правила применения БРС

1. Раздел (тема) учебной дисциплины считаются освоенными, если обучающийся набрал более 50 % от возможного числа баллов по этому разделу (теме).
2. Обучающийся не может быть аттестован по дисциплине, если он не освоил все темы и разделы дисциплины, указанные в сводной оценочной таблице дисциплины.
3. По решению преподавателя и с согласия обучающегося, не освоивших отдельные разделы (темы) изучаемой дисциплины, в течение учебного семестра могут быть повторно проведены мероприятия текущего контроля успеваемости или выданы дополнительные учебные задания по этим темам или разделам. При этом обучающийся за данную работу засчитывается минимально возможный положительный балл (51 % от максимального балла).
4. При выполнении обучающимся дополнительных учебных заданий или повторного прохождения мероприятий текущего контроля полученные им баллы засчитываются за конкретные темы. Итоговая сумма баллов не может превышать максимального количества баллов. По решению преподавателя предыдущие баллы, полученные обучающимся по учебным заданиям, могут быть аннулированы.
5. График проведения мероприятий текущего контроля успеваемости формируется в соответствии с календарным планом курса. Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.
6. Время, которое отводится обучающемуся на выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости, устанавливается преподавателем. По завершение отведенного времени обучающийся должен сдать работу преподавателю, вне зависимости от того, завершена она или нет.
7. Использование источников (в том числе конспектов лекций и лабораторных работ) во время выполнения контрольных мероприятий возможно только с разрешения преподавателя.
8. Отсрочка в прохождении мероприятий текущего контроля успеваемости считается уважительной только в случае болезни обучающегося, что подтверждается наличием у него медицинской справки, предоставляемой преподавателю не позднее двух недель после выздоровления. В этом случае выполнение контрольных мероприятий осуществляется после выздоровления обучающегося в срок, назначенный преподавателем. В противном случае, отсутствие обучающегося на контрольном мероприятии признается не уважительным.
9. Обучающийся допускается к итоговому контролю знаний с любым количеством баллов, набранных в семестре.
10. Если в итоге за семестр обучающийся получил менее 51 балла, то ему разрешается добор необходимого (до 51) количества баллов путем повторного одноразового выполнения предусмотренных контрольных мероприятий (пересдача), при этом по усмотрению преподавателя аннулируются соответствующие предыдущие результаты. Ликвидация задолженностей проводится по согласованию с деканатом.

Примерный перечень оценочных средств

п/ п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i>Аудиторная работа</i>			
1	Лабораторная работа	Система практических заданий, направленных на формирование практических навыков у обучающихся	Фонд практических заданий
2	Экзамен	Оценка работы студента в течение семестра (года, всего срока обучения и др.) и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных им теоретических и практических знаний, приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления, умение синтезировать полученные знания и применять их в решении практических задач.	Примеры заданий/вопросов, пример экзаменационного билета
<i>Самостоятельная работа</i>			
1	Подготовка отчетов по результатам выполнения лабораторных работ	Форма проверки качества выполнения обучающимися лабораторных работ в соответствии с утвержденной программой.	Фонд практических заданий в рамках лабораторного практикума по дисциплине

Критерии оценки по дисциплине

95-100 баллов:

- полное и своевременное выполнение на высоком уровне лабораторных работ с оформлением отчетов, успешное прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса, успешная сдача экзамена;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответов на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- безупречное владение программным обеспечением, умение эффективно использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать поставленные задачи;
- полная самостоятельность и творческий подход при изложении материала по программе дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины и преподавателем.

86- 94 балла:

- полное и своевременное выполнение на хорошем уровне лабораторных работ с оформлением отчетов, успешное прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса, успешная сдача экзамена;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- хорошее владение программным обеспечением, умение эффективно использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать поставленные задачи в нестандартных производственных ситуациях;
- усвоение основной и дополнительной литературы, нормативных и законодательных актов, рекомендованных программой дисциплины и преподавателем.

69-85 баллов:

- своевременное выполнение на хорошем уровне лабораторных работ с оформлением отчетов, прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса, сдача экзамена с существенными замечаниями;
- хороший уровень культуры исполнения лабораторных работ;
- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- владение программным обеспечением, умение использовать его в постановке

- и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать проблемы в рамках программы дисциплины;
- усвоение основной литературы;

51-68 баллов:

- выполнение на удовлетворительном уровне лабораторных работ с оформлением отчетов, прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса;
- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- удовлетворительное владение программным обеспечением, умение использовать его в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность решать проблемы в рамках программы дисциплины;
- удовлетворительное усвоение основной литературы;

31 - 50 баллов – НЕ ЗАЧТЕНО:

- не выполнение, несвоевременное выполнение или выполнение на неудовлетворительном уровне лабораторных работ, не прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса;
- недостаточно полный объем навыков и компетенции в рамках программы дисциплины;
- неумение использовать в практической деятельности научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными стилистическими и логическими ошибками;
- слабое владение программным обеспечением по разделам программы дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) производственных задач;
- способность решать проблемы в рамках программы дисциплины;
- удовлетворительное усвоение основной литературы;

0-30 баллов, НЕ ЗАЧТЕНО:

- отсутствие умений, навыков, знаний и компетенции в рамках программы дисциплины;
- невыполнение лабораторных заданий, не прохождение контрольных мероприятий, предусмотренных программой курса; отказ от ответов по программе дисциплины;
- игнорирование занятий по дисциплине по неуважительной причине.

Комплект разноуровневых задач (заданий)

1. Задания репродуктивного уровня

В качестве заданий репродуктивного уровня предлагаются задачи для самопроверки и обсуждения по темам курса.

- Решить первую, вторую или третью краевую для уравнения Лапласа задачу в круге по методу Фурье.
- Решить начально-краевую задачу для уравнения теплопроводности на отрезке
- Описать возбуждение струны щипком заданной формы.
- Описать возбуждение струны ударом молоточка заданной формы.
- Найти наименьшую собственную частоту прямоугольной мембраны. Выписать соответствующую ему собственную функцию.
- Найти наименьшую собственную частоту круглой мембраны. Выписать соответствующую ему собственную функцию.
- Описать по методу Фурье возбуждение круглой мембраны под действием удара молоточком по ее центру.

2. Задания реконструктивного уровня

В качестве заданий реконструктивного уровня предполагаются практические задания по темам лабораторных работ.

Работа № 1. Разложение функции в ряд Фурье, Sage

Дана кусочно-аналитическая периодическая функция. Требуется 1.) написать программу для вычисления первых 100 коэффициентов ее ряда Фурье в Sage, 2.) вычислить эти коэффициенты и 3.) нарисовать график исходной функции и суммы первых 100 членов ее ряда Фурье.

Работа № 2. Решение краевой задачи в круге, Sage

Дана краевая задача для уравнения Лапласа в круге с краевым условием одного из 3-х типов. Требуется 1.) написать программу для вычисления первых 100 коэффициентов ее ряда Фурье в Sage, 2.) вычислить эти коэффициенты и 3.) нарисовать график суммы первых 100 членов ее ряда Фурье.

Работа № 3. Решение 3-ей краевой задачи для уравнения Пуассона в двумерной области, FreeFem++

Дана двумерная область, в которой рассматривается краевая задача для уравнения Пуассона с условием 3-го рода. Требуется 1.) описать границу области параметрически, 2.) поставить задачу в слабой форме, 3.) написать программу для приближенного решения задачи в среде FreeFem++, 4.) нарисовать график приближенного решения.

Работа № 4. Решение 1-ей краевой задачи для уравнения Лапласа в двумерной области, FreeFem++

Дана краевая задача для уравнения Лапласа в круге с условием 1-го рода. Требуется 1.) найти элементарное решение задачи по методу Фурье, 2.) написать программу для приближенного решения задачи в среде FreeFem++, 3.) нарисовать график приближенного решения 4.) нарисовать график разности точного и приближенного решений.

Работа № 5. Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Фурье, Sage

Дана начально-краевая задача о возбуждении струны щипком. Требуется 1.) написать программу для вычисления первых 100 коэффициентов ряда Фурье начального профиля струны, 2.) вычислить эти коэффициенты и 3.) нарисовать график суммы первых 100 членов ряда Фурье мгновенного профиля струны при нескольких значениях t .

Работа № 6. Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Даламбера, Sage

Дана начально-краевая задача о возбуждении струны щипком, та же, что и в работе № 5. Требуется 1.) написать программу для вычисления мгновенного профиля струны по методу Даламбера 2.) нарисовать график мгновенного профиля струны при нескольких значениях t . 3.) сравнить результаты с полученным в работе № 5.

Работа № 7. Отыскание младших собственных функций круга, Sage и FreeFem++

Рассматривается задача на собственные значения в круге единичного радиуса с условиями Дирихле на границе. Требуется: 1.) найти первые 5 с.з. как нули функций Бесселя в Sage, 2.) найти первые 5 с.з. по МКЭ в FreeFem++.

Работа № 8. Отыскание младших собственных функций треугольника, Sage и FreeFem++

Рассматривается задача на собственные значения в равностороннем треугольнике с условиями Дирихле на границе. Требуется: 1.) найти первую собственную функцию аналитически, 2.) найти первую собственную функцию по МКЭ в FreeFem++, 3.) сравнить результаты, построив график разности найденных функций.

Работа № 9. Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Фурье, FreeFem++

Рассматривается задача о возбуждении круглой мембраны щипком. Требуется 1.) написать программу для решения этой задачи по методу Фурье, 2.) нарисовать график мгновенного профиля струны при нескольких значениях t .

Работа № 10. Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Эйлера, FreeFem++

Рассматривается задача о возбуждении круглой мембраны щипком, та же, что и в

работе № 5. Требуется 1.) написать программу для решения этой задачи по методу Эйлера, 2.) нарисовать график мгновенного профиля струны при нескольких значениях t , 3.) сравнить с результатом выполнения прошлой задачи.

Методические указания и шкала оценок.

Порядок выполнения лабораторной работы заключается в следующем:

- Ознакомиться с разделами методических указаний к лабораторной работе, размещенными в ТУИС.
- Выполнить задания по лабораторной работе.
- Составить отчёт, отражающий ход выполнения задания и его результаты. Допустимо использование издательских систем MS Word, LibreOffice, LaTeX т. п.
- Загрузить отчет в ТУИС в сроки, установленные преподавателем.

Отчёт должен содержать следующие элементы:

- Титульный лист с указанием номера лабораторной работы и ФИО обучающегося
- Формулировка задания работы.
- Описание результатов выполнения задания:
 - листинги программ,
 - графики найденных решений.
- Выводы, согласованные с заданием работы. Если заданий было несколько, то в тексте должны быть сделаны выводы по каждому заданию.

Критерии оценки выполнения заданий по лабораторным работам

Оценивается полнота выполнения работы, оформление результатов, полнота ответов на контрольные вопросы, если это предусмотрено заданием.

Вопросы, выносимые на экзамена

- Теорема Дирихле о разложении периодической функции в ряд Фурье
- Решение краевых задач для уравнения Лапласа в круге в виде ряда Фурье
- Метод конечных элементов и его применение для решения 3-ей краевой задачи для уравнения Пуассона в двумерной области
- Метод конечных элементов и его применение для решения 1-ей краевой задачи (условия Дирихле) для уравнения Пуассона в двумерной области
- Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Фурье
- Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Даламбера
- Собственные значения круглой мембраны и нули функции Бесселя.
- Отыскание собственных функций двумерных областей по МКЭ
- Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Фурье
- Решение начальной краевой задачи о колебаниях мембраны по методу Эйлера

Образцы экзаменационных билетов.

Билет № 1

1. Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Фурье
2. Составьте программу на языке FreeFem++ для отыскания функции $u(x,y)$, удовлетворяющей в треугольнике с вершинами $(0,0)$, $(1,0)$, $(0,1)$ уравнению $\Delta u = xu$ и условию $u=0$ на его границе.

Билет № 2

1. Решение начальной краевой задачи о колебаниях струны по методу Даламбера
2. Составьте программу на языке FreeFem++ для отыскания собственных функций треугольника с вершинами $(0,0)$, $(1,0)$, $(0,1)$.

Билет № 3

1. Собственные значения круглой мембраны и нули функции Бесселя.
2. Составьте программу в среде Sage для вычисления 100 коэффициентов Фурье функции $\exp(\sin(x))$.