

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра физики сплошных сред**



Рабочая программа дисциплины

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ СПЛОШНЫХ СРЕД-1

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	72	32			38				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы,
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	4
5. Перечень учебной литературы.	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	8

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Численные методы в механике сплошных сред-1» имеет своей целью обучение магистрантов как базовым алгоритмами численных методов, таким как решение системы линейных уравнений, интерполяция, численное дифференцирование и интегрирование и т. п., так и простейшими методами моделирования сплошной среды, течений газа и жидкости, таким как решение уравнений Лапласа, Пуассона, теплопроводности и уравнений Эйлера.

Цели курса – сформировать у студентов определенную систему знаний, навыков и умений в постановке и решении задач, связанных с использованием специализированных знаний в области физики для освоения профильных физических дисциплин и способность проводить научные экспериментальные исследования в избранной области - в части применения классических численных подходов к решениям уравнений механики сплошных сред.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать способы дискретизации начально-краевых задач механики сплошной среды; методы построения расчетных сеток и адаптации их к решению; методы решения больших систем алгебраических уравнений. Уметь реализовывать основные алгоритмы численных методов в виде программ на языке программирования C++, проводить модельные расчеты одномерных течений. Владеть простейшими численными методами решения одномерных уравнений газовой динамики.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Численные методы в механике сплошных сред-1» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки 03.04.02 Физика (профиль подготовки «Общая и фундаментальная физика»). Дисциплина «Численные методы в механике сплошных сред-1» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата. Студенты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны обладать предварительными знаниями основ общей физики, механики, термодинамики, физики сплошных сред, математического и функционального анализа, дифференциальных уравнений, векторного и тензорного анализа, основ программирования на C++.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	72	32			38				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, самостоятельная работа студента, дифференцированный зачет.

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: самостоятельное решение заданий.

Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 38 часов;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, дифференцированный зачет) составляет 34 часа.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Численные методы в механике сплошных сред-1» представляет собой полугодовой курс, читаемый в магистратуре физического факультета НГУ в первом семестре.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Период до появления ЭВМ. “Ручные” подходы.	1	4	2		2	
2	Распространение ошибок.	2	4	2		2	
3	Компьютеры и их роль в механике сплошных сред.	3	4	2		2	
4	Эволюция расчетных подходов.	4	4	2		2	
5	Современное положение. Возможности персональных компьютеров и суперкомпьютеров.	5	6	2		4	
6	Решение алгебраических уравнений.	6	4	2		2	
7	Интерполирование и сглаживание. Сплайны.	7	4	2		2	
8	Преобразование Фурье.	8	4	2		2	
9	Обыкновенные дифференциальные уравнения.	9	4	2		2	
10	Акустика. Примеры схем и анализ устойчивости.	10	4	2		2	
11	Акустика. Явные и неявные схемы.	11	4	2		2	
12	Одномерная газодинамика. Классические схемы (Рихтмайера-Мортонна, Лакса-Вендроффа, Годунова).	12	6	2		4	
13	Одномерная газодинамика. Схемы “повышенной точности”.	13	4	2		2	
14	Условие монотонности.	14	4	2		2	
15	Негиперболические задачи. Двумерная электростатика.	15	4	2		2	
16	Негиперболические задачи. Теплоперенос.	16	4	2		2	
17	Дифференцированный зачет	17	2				2
Всего			72	32		38	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

1. Период до появления ЭВМ. “Ручные” подходы. Теоремы об аппроксимации, устойчивости и сходимости приближенных решений задачи приближения функций. Роль выбора базиса. Число обусловленности и поведение ошибок. (2 часа)

2. Распространение ошибок. Основные модельные уравнения и понятие о тестировании. Обезразмеривание уравнений. Параметры подобия. П-теорема. Простой способ получения аналитических решений. Общие теоремы о сходимости приближенных решений. Основные приемы исследования устойчивости разностных схем. Метод дискретных возмущений. Метод гармонических возмущений. Спектральный или матричный метод. Принцип максимума. (2 часа)
3. Компьютеры и их роль в механике сплошных сред на примере самых известных задач газовой динамики, гидродинамики, механики твердого тела. (2 часа)
4. Эволюция расчетных подходов. Наиболее часто применяемы в механике сплошных сред методы, общий обзор. (2 часа)
5. Современное положение. Возможности персональных компьютеров и суперкомпьютеров. Расчетные пакеты и методы в них используемые, обзор. (2 часа)
6. Решение алгебраических уравнений. Масштабирование неизвестных. Правило Крамера. Методы исключения. Методы прогонки. Блочное исключение. Формирование и хранение матриц СЛАУ. Роль нумерации узлов. Симметризация и предобусловливание СЛАУ. Схема Холлесского. Фронтальные методы. Итерационные методы для СЛАУ. Простая итерация. Метод Зейделя-Либмана Методы релаксации. (2 часа)
7. Интерполирование и сглаживание. Сплаины. Метод стрельбы. Сведение нелинейных задач к последовательности линейных. Применение конечных разностей и матричной прогонки. Метод ортогональной прогонки Годунова. Метод прогонки Калнинса. Метод переноса граничных условий Абрамова. Методы сплайн-аппроксимации. (2 часа)
8. Преобразование Фурье. Свойства. Применения. Разновидности. Многомерное преобразование. Ряды Фурье. Дискретное преобразование. Оконное преобразование. Интерпретация в терминах времени и частоты. FFT. (2 часа)
9. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Задачи Коши для систем ОДУ. Явные схемы Рунге-Кутты. Явные схемы Адамса. Жесткие задачи и неявные схемы.
10. Акустика. Примеры схем и анализ устойчивости. (2 часа)
11. Акустика. Явные и неявные схемы. (2 часа)
12. Одномерная газодинамика. Классические схемы (Рихтмайера-Мортон, Лакса-Вендроффа, Годунова). Применение классических схем. Прямой и обратный методы характеристик. Маршевые методы. Методы установления. Схемы счета с выделением разрывов. Схемы сквозного счета разрывов. Схема Годунова и ее современные модификации. (2 часа)
13. Одномерная газодинамика. Схемы “повышенной точности”. Антидиффузионные схемы (схемы коррекции потоков). Схемы уравновешенной вязкости. Схема Самарского для погранслоев. Схемы экспоненциальной подгонки для погранслоев. (2 часа)

14. Условие монотонности. Описание стандартных тестовых задач. (2 часа)
15. Негиперболические задачи. Двумерная электростатика. (2 часа)
16. Негиперболические задачи. Теплоперенос. (2 часа)

Самостоятельная работа студентов (38 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	6 часов
Самостоятельное решение заданий	32 часа

5. Перечень учебной литературы.

1. Годунов С.К. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: Наука, 1976. - 400с.(32 экз.)
2. Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике. 2 изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1978. — 687 с.: ил. (53 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используются стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе семестра путем проведения выборочных опросов и проверки решения заданий для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1. Критерии и шкалы оценивания индикаторов достижения результатов обучения отражены в Таблице 10.2.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики	Знать способы дискретизации начально-краевых задач механики сплошной среды; методы построения расчетных сеток и адаптации их к решению; методы решения больших систем алгебраических уравнений.	Опрос в начале каждой лекции, зачет.

объекта исследования.		
ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Уметь реализовывать основные алгоритмы численных методов в виде программ на языке программирования С++, проводить модельные расчеты одномерных течений. Владеть простейшими численными методами решения одномерных уравнений газовой динамики.	Опрос в начале каждой лекции, зачет.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Численные методы в механике сплошных сред-1».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.2	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Пример задания для самостоятельного решения

При выполнении заданий требуется составить работающую программу, позволяющую сравнивать результаты различных численных методов.

ЗАДАНИЕ №1

1. Составить программу и сравнить на практике основные методы решения нелинейных алгебраических уравнений.
2. То же для системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений.
3. Сравнить интерполирование массива сглаживающим сплайном и рядом Фурье.
4. Решение уравнения одномерной теплопроводности явным и неявным методом. Практическое исследование устойчивости схем.
5. Двумерная нестационарная задача теплопроводности.

Список вопросов, выносимых на дифференцированный зачет

1. Метод дискретных возмущений.
 2. Метод гармонических возмущений.
 3. Спектральный или матричный метод.
 4. Правило Крамера.
 5. Схема Холесского.
 6. Методы релаксации.
 7. Метод стрельбы.
 8. Метод ортогональной прогонки Годунова.
 9. Явные схемы Рунге-Кутты.
-
1. Акустика. Примеры схем и анализ устойчивости.
 2. Акустика. Явные и неявные схемы. (2 часа)
 3. Прямой и обратный методы характеристик.
 4. Схемы счета с выделением разрывов.
 5. Схемы сквозного счета разрывов.
 6. Схема Годунова.
 7. Антидиффузионные схемы (схемы коррекции потоков).
 8. Схема Самарского для погранслоев.
 9. Схемы экспоненциальной подгонки для погранслоев

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Численные методы в механике сплошных сред-1»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного