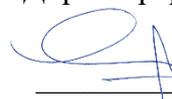


Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
в городе Сарове

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала МГУ в городе
Сарове



_____/В.В. Воеводин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

«Вычислительная гидродинамика»

Уровень высшего образования:

Подготовка магистров (неинтегрированная магистратура)

Направление подготовки (специальность):

«Прикладная математика и информатика» (01.04.02)(3++)

Направленность (профиль) ОПОП:

«Вычислительные методы и методика моделирования»

Форма обучения:

Очная

Саров 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" программы магистратуры в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вычислительная гидродинамика

2. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научно-педагогических кадров в магистратуре.

3. НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ, НАПРАВЛЕННОСТЬ (ПРОФИЛЬ) ПОДГОТОВКИ

Направление 01.04.02 «Прикладная математика и информатика».

Направленность (профиль) «Математические и компьютерные методы решения задач естествознания». Образовательная программа «Вычислительные методы и методика моделирования».

4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть магистерской образовательной программы «Вычислительные методы и методика моделирования», изучается в 1-м семестре.

5. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
<p>ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические и компьютерные методы решения прикладных задач.</p> <p>ОПК-3. Способен создавать и анализировать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты</p> <p>МКП-2. Использовать современные численные и аналитические методы для решения задач математической физики, алгебры, интегральных и дифференциальных уравнений, в том числе для решения многомерных задач механики и электродинамики сплошных сред, теплопереноса, конвекции-диффузии и в других, практически интересных, областях.</p>	<p>В1 Владеть: Принципами аппроксимации физических законов для построения разностных схем, законов сохранения</p> <p>В2 Владеть: навыками построения математических моделей для уравнений гиперболического типа</p> <p>В3 Владеть: основными методами построения и анализа численных алгоритмов решения систем уравнений гиперболического типа.</p> <p>З1 Знать : Базовые методы построения эффективных разностных схем в различных системах координат и на различных сетках</p> <p>З2 Знать: Вариационные методы и методы опорных операторов построения разностных схем</p> <p>У1 Уметь: оценивать свойства и качество разностных схем на основе теоретического анализа и по результатам тестовых расчетов.</p> <p>У2 Уметь: Использовать характеристические свойства для анализа решений уравнений гиперболического типа и применять их для построения разностных алгоритмов</p>

6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часов.

72 часов занятий лекционного типа, 72 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

7. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учащиеся должны владеть знаниями по математическому анализу, линейной алгебре, уравнениям математической физики, численным методам.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционно-семинарская система обучения с использованием информационно-коммуникативных технологий.

9. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В курсе лекций рассматриваются вопросы построения и исследования разностных алгоритмов решения задач вычислительной гидродинамики. Основное внимание уделяется базовым методам построения эффективных разностных схем в лагранжевых, смешанных эйлерово лагранжевых и эйлеровых переменных –вариационному методу на основе принципа наименьшего действия Гамильтона-Якоби, методу опорных операторов, методу обратной характеристики, консервативному сеточно-характеристическому подходу.

В качестве примеров анализируются различные алгоритмы решения уравнений конвекции – диффузии, Эйлера, мелкой воды, динамической теории упругости.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа учащегося, часы		
		из них					из них		
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего	
<p>Тема 1. Вариационно-разностные схемы газовой динамики в лагранжевых переменных.</p> <p>Вариационный принцип Гамльтона -Якоби Аппроксимация функционала действия и вариационных связей. Свойства вариационно</p>	24	9	-	1	1	11	1	12	13

- разностных схем.										
Тема 2. Метод опорных операторов Аппроксимация оператора дивергенции. Метод локально гладких отображений. Сопряженный разностный оператор. Аппроксимация объемов и площадей граней ячеек расчетных сеток. Определение нормалей к граням трехмерных расчетных ячеек. Аппроксимация уравнения теплопроводности на косоугольных расчетных сетках, метод переменных направлений.	31	13	-	1	1	2	17	2	12	14

<p>Тема 3 Системы законов сохранения гиперболического типа. Общий вид законов сохранения в механике сплошных сред. Условие гиперболичности, характеристическая форма уравнений в одномерном и многомерном случаях. Римановы инварианты. Внутренние локальные мажоранты. Разрывные решения, задача Римана. Уравнения мелкой воды, газовой динамики и теории упругости.</p>	21	8	-	1	1		10	1	10	11
<p>Тема 4. Разностные схемы для систем законов сохранения гиперболического типа. Разностные схемы для линейного уравнения</p>	58	24		2	2	2	30	4	24	28

переноса, метод обратной характеристики, амплитудные и фазовые ошибки. Метод характеристик для одномерных уравнений мелкой воды. Схема Годунова. Балансно-характеристические разностные схемы. Схема КАБАРЕ.									
Экзамен	10	4				4		6	6
Итого	144					72			72

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

Самостоятельная работа учащихся состоит в изучении лекционного материала, учебно-методической литературы, подготовки к практическим заданиям текущего контроля, промежуточной аттестации, экзамену.

11. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная учебно-методическая литература

1. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные методы решения задач газовой динамики. М. Наука, 1992г., 424 стр.
2. Самарский А.А., Колдоба А.В., Повещенко Ю.А., Тишкин В.Ф., Фаворский А.П. Разностные схемы на нерегулярных сетках. - Минск, 1996г., 274 стр.
3. Головизнин В.М., Соловьев А.В. Дисперсионные и диссипативные характеристики разностных схем для уравнений в частных производных гиперболического типа. М., МаксПресс, 2018г. 200 стр.
4. Головизнин В.М. Зайцев М.А., Карабасов С.А., Короткин И.А. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных систем. Издательство Московского Университета, 2013г., 472 стр.
5. Куликовский А.Г., Погорелов Н.Г., Семенов А.Ю. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений. М. ФИЗМАТЛИТ, 2001, 608 стр.
6. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. Мир. 1980г., 618 стр.

Дополнительная учебно-методическая литература

1. Серин Д. Математические основы классической механики жидкости -
2. Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику. - Москва. Изд. Московского физико-технического института. 1994, 526 с.

Информационные технологии, используемые в процессе обучения

В процессе обучения используются пакеты прикладных программ MATLAB, Maple, Scilab.

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для преподавания дисциплины требуется класс, оборудованный интерактивной или меловой доской и средствами интерактивной видеотрансляции.

12. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Русский

13. РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ, ПРЕПОДАВАТЕЛИ

д.ф.- м.н., профессор Головизнин Василий Михайлович

**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине
«Численные методы механики сплошных сред»**

Средства для оценивания планируемых результатов обучения, критерии и показатели оценивания приведены ниже.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУ- ЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ из соответствующих карт компетенций					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	Неудовле- творитель- но	Неудовлетвори- тельно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	
Способность строить и анализировать разностные методы решения задач математической физики, в том числе многомерные задачи	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание содержания курса.	В целом сформированное, но неполное знание всех разделов курса	Сформированное, но содержащие отдельные пробелы знание всех разделов курса	Сформированные систематические знания всех разделов курса.	индивидуальное собеседование
Способность математически формулировать основные задачи	Отсутствие умений	Отсутствие навыков использования численных	В целом сформированное, но не систематическое умение использо-	Активное владение основами курса.	Активное владение всем материалом курса.	Практическое контрольное задание

математической физики, применять для их решения соответствующие численные методы		методов для решения задач математической физики	вать полученные знания для решения конкретных задач	Умение применять полученные знания для решения конкретных задач.	Умение применять полученные знания для решения конкретных задач.	
Способность получить и грамотно изложить собственные научные результаты	Отсутствие навыков	Отсутствие умения четко излагать смысл математических утверждений.	Приобретённое в целом умение излагать содержание математических утверждений, но отсутствующая при этом четкость и грамотность.	Умение грамотно излагать содержание курса, методы решения задач и полученные результаты. Недостаточная четкость изложения.	Умение четко и грамотно излагать содержание курса, методы решения задач и полученные результаты.	индивидуальное собеседование

Фонды оценочных средств

Список вопросов для индивидуального собеседования на аттестации.

1. Вариационный принцип Гамльтона -Якоби
2. Аппроксимация функционала действия и вариационных связей.
3. Основные свойства вариационно - разностных схем.
4. Аппроксимация оператора дивергенции.

5. Метод локально гладких отображений. Сопряженный разностный оператор.
6. Аппроксимация объемов и площадей граней ячеек расчетных сеток. Определение нормалей к граням трехмерных расчетных ячеек.
7. Аппроксимация уравнения теплопроводности на косоугольных расчетных сетках
8. Метод переменных направлений.

9. Общий вид законов сохранения в механике сплошных сред.
10. Условие гиперболичности, характеристическая форма систем гиперболических уравнений в одномерном и многомерном случаях.
11. Инварианты Римана и их свойства. Локальные мажоранты.
12. Разрывные решения, распад произвольного разрыва (задача Римана)
13. Уравнения мелкой воды, газовой динамики и теории упругости.
14. Построение основных разностных схем для линейного уравнения переноса
15. Метод обратной характеристики, амплитудные и фазовые ошибки.
16. Метод характеристик для решения одномерных уравнений мелкой воды.
17. Схема Годунова ее построение и основные характеристики
18. Балансно-характеристические разностные схемы.
19. Схема КАБАРЕ.