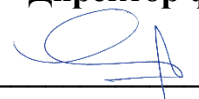


Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
в городе Сарове

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала МГУ в
городе Сарове
/В.В. Воеводин/



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

«Численные методы механики сплошных сред»

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

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы механики сплошных сред

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
ОПК-3. Способен создавать и анализировать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты. ОПК-5. Способен представлять результаты профессиональной деятельности в соответствии с нормами и правилами, принятыми в	У1 Уметь: оценивать свойства и качество численных методов на основе теоретического анализа и по результатам тестовых расчетов. У2 Уметь: определять область применимости численного метода. У3 Уметь: анализировать построенные математические модели.

<p>профессиональном сообществе</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>МКП-3. Разрабатывать численные методы решения дифференциальных уравнений с частными производными и интегральных уравнений, вариационные и оптимизационные численные алгоритмы с заданными свойствами.</p>	<p>У4 Уметь: использовать полученные знания для решения прикладных задач.</p> <p>У5 Уметь: анализировать полученные результаты и сопоставлять их с известными ранее результатами и доступными экспериментальными данными.</p> <p>В1 Владеть: основными методами построения и анализа разностных алгоритмов решения уравнений динамики вязкой жидкости .</p> <p>В2 Владеть: навыками построения математических моделей механики сплошных сред.</p> <p>В3 Владеть: методикой обработки и представления результатов математического моделирования.</p> <p>В4 Владеть: навыками самостоятельного поиска и освоения дополнительных источников информации по дисциплине</p> <p>З1 Знать: физическую интерпретацию основных методов построения разностных схем и методов анализа качества результатов математического моделирования</p>
---	--

6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 144 часа.

72 часа 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 динамики вязкой жидкости. Основное внимание уделяется овладению техникой использования интегро-интерполяционного метода для построения консервативных разностных схем. В качестве примеров анализируются различные алгоритмы решения уравнений Навье-Стокса и уравнений конвективного тепло-массопереноса.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа учащегося, часы из них

аттестации по дисциплине		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. Методы построения и исследования разностных схем. . Разностная схема для уравнения теплопроводности с разрывными коэффициентами. Аппроксимация граничных условий. Аппроксимация уравнения типа «конвекция с диффузией». Дисперсионные и диссипативные свойства разностных схем. Применение метода Неймана для анализа устойчивости разностных схем</p>	56	26	-	1	1		28	4	24	28
Тема 2. Методы	78	38	-	1	1	2	40	8	30	38

численного решения уравнений Навье-Стокса.

Законы сохранения в динамике вязкой жидкости. Уравнения Навье-Стокса в естественных переменных и в переменных "функция тока – вихрь".

Разностные схемы для уравнений Навье-Стокса в переменных "функция тока, вихрь".

Энергетически нейтральные разностные схемы.

Разностные схемы для уравнений Навье-Стокса в естественных переменных. (Декартовы и цилиндрические координаты). Законы сохранения в дискретной среде.

Исследование устойчивости схемы с весами для уравнений Навье-Стокса в естественных переменных. Анализ методов решения сеточных уравнений Навье-Стокса (матричные алгоритмы, метод

предиктор-корректор).										
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. Введение в численные методы. М.: Наука, 1982, 271с.
2. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы математической физики. М.: Научный мир, 2000, 315 с.
3. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные методы решения задач газовой динамики. М.: Наука, 1992, 423 с.
4. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы. М.:Наука, 1973, 400 с
5. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкости. - Мир. 1991, т.1., 502 с., т.2, 552 с.
6. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. - Мир. 1990, т.1., т.2, 726 с.
7. Мажорова О.С.Разностные методы решения уравнений динамики вязкой несжимаемой жидкости. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Серия Б, том.VII - 1.Математическое моделирования в низкотемпературной плазме. Часть 2. Москва, ЯНУС-К, 2008 г.
8. Мажорова О.С. Разностные схемы для уравнения конвективной диффузии. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Серия Б, том.VII-1. Математическое моделирования в низкотемпературной плазме. Часть 1. Москва, ЯНУС-К, 2008.

Дополнительная учебно-методическая литература

1. Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов Л.А. Численное моделирование процессов тепло- и массопереноса -М.:Наука, 1984, 285 с.
2. Серин Д. Математические основы классической механики жидкости -
3. Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику. - Москва. Изд. Московского физико-технического института. 1994, 526 с.
4. Андреев В.К. Математические модели механики сплошной среды. – М. Лань, 2015, 231с.
5. Седов Л.И. Механика сплошной среды. т1,2 - М.: Наука, 1973 .

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 Мажорова Ольга Семеновна

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 ОБУЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ из соответствующих карт компетенций					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	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	Отсутствие умений	Отсутствие навыков использования численных	В целом сформированное, но не систематическое умение использовать	Активное владение основами курса. Умение	Активное владение всем материалом курса. Умение	Практическое контрольное задание

основные задачи математической физики, применять для их решения соответствующие численные методы		методов для решения задач математической физики	полученные знания для решения конкретных задач	применять полученные знания для решения конкретных задач.	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

Примерный перечень задач для текущего контроля успеваемости.

1. Проверить выполнение баланса энергии в разностной задаче о распределении тепла в стержне, состоящем из двух материалов с различными термодинамическими свойствами, при аппроксимации условия сопряжения с первым порядком точности.
2. Доказать, что схема А.А.Самарского имеет второй порядок аппроксимации.

3. Построить разностную аппроксимацию третьей краевой задачи для уравнения теплопроводности. Проверить консервативность построенной схемы.
4. Методом Неймана исследовать устойчивость разностных схем с весами для уравнения «конвекция с диффузией».
5. Проанализировать дисперсионные и диссипативные свойства аппроксимации конвективных членов с помощью центральных и направленных разностей. Влияние аппроксимации по времени на указанные свойства.
6. На модельном примере проанализировать влияние аппроксимации граничных условий для вихря на устойчивость алгоритма решения уравнений Навье-Стокса в переменных «функция тока-завихренность».

Список вопросов для индивидуального собеседования на промежуточной аттестации.

1. Интегро-интерполяционный метод, понятие консервативности.
2. Дивергентные и недивергентные схемы; пример А.Н.Тихонова и А.А.Самарского.
3. Примеры использования интегро - интерполяционного метода для построения разностных схем (нелинейное уравнение теплопроводности, уравнение теплопроводности с разрывными коэффициентами).
4. Разностные схемы для уравнения типа "конвекция + диффузия".
5. Схемы Кранка - Николсона, Лакса - Вендроффа, Дюфорты - Франкела.
6. Точность разностного представления волн.
7. Фазовая и амплитудная ошибки схемы с весами для уравнения конвективной диффузии.
8. Метод дифференциального приближения.
9. Диссипативные и дисперсионные свойства разностных схем.
10. Исследование устойчивости разностных схем с весами спектральным методом.
11. Уравнения Навье-Стокса в естественных переменных. Основные свойства дифференциальной задачи. Баланс кинетической энергии в системе.
12. Оператор конвективного переноса. Его кососимметричность.
13. Уравнения Навье-Стокса в переменных "функция тока, вихрь". Основные свойства дифференциальной задачи. Баланс кинетической энергии.
14. Граничные условия для уравнений Навье-Стокса в переменных "функция тока, вихрь". Нелокальные граничные условия на вихрь.
15. Разностные схемы для уравнений Навье-Стокса в переменных "функция

тока, вихрь". Условие несжимаемости.

16. Аппроксимация конвективных членов. Энергетически нейтральные разностные схемы.
17. Граничные условия для вихря.
18. Разностные схемы для уравнений Навье-Стокса в естественных переменных. Разнесенные разностные сетки и сеточные функции. Аппроксимация операторов DIV и GRAD.
19. Аппроксимация конвективных членов в уравнениях Навье-Стокса в естественных переменных. Баланс кинетической энергии в дискретном случае. Выполнение условия несжимаемости.
20. Метод решения дискретной задачи (схема типа предиктор - корректор).
21. Исследование устойчивости разностных схем для уравнений Навье-Стокса в естественных переменных.
22. Разностная схема для уравнений Навье-Стокса в цилиндрических координатах.