

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Проректор по учебной работе и
довузовской подготовке**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Решение гиперболических систем дифференциальных уравнений
по направлению:	Прикладная математика и информатика
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра анализа систем и решений
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: А.Ю. Семенов, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры анализа систем и решений 09.06.2020

Аннотация

В курсе излагаются основные численные методы для решения сложных многомерных гиперболических систем уравнений:

- методы с выделением разрывов;
- методы решения стационарных уравнений газовой динамики;
- методы решения уравнения теории мелкой воды. Распад разрыва и метод Годунова. Методы Куранта-Изаксона-Риса, Лакса-Фридрихса и Роу;
- методы решения простейших моделей твердых деформируемых тел и уравнения динамики твердого деформируемого тела (ТДТ).

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

программа курса ставит своей целью дать студентам набор современных надежных и проверенных численных методик для решения сложных многомерных гиперболических систем уравнений.

Задачи дисциплины

- научить применять методы для численного решения конкретных линейных и нелинейных гиперболических систем уравнений в частных производных, как одномерных, так и многомерных;
- формирование у студентов знаний в области современного численного моделирования гиперболических систем уравнений.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания и новые научные принципы и методы исследований в области прикладной математики и информатики
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области прикладной математики и информатики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами, устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований, проведения корректуры, редактирования, реферирования работ	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационно-коммуникационных технологий и информационных систем, задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

фундаментальные понятия теории вычислительной математики;
 современные проблемы соответствующих разделов вычислительной математики;
 основные свойства соответствующих математических объектов;
 аналитические и численные подходы и методы для решения типовых прикладных задач
 вычислительной математики и физики.

уметь:

понять поставленную задачу;
 самостоятельно находить алгоритмы численного решения задач, в том числе и нестандартных,
 и проводить их анализ;
 оценивать корректность постановок задач;
 самостоятельно видеть следствия полученных результатов;
 точно и полно изложить полученные результаты в устной и письменной форме.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;
 навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
 культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих
 для своего решения использования математических подходов и методов решения
 гиперболических систем уравнений;
 предметным языком вычислительной математики и навыками грамотного описания решения
 задач и представления полученных результатов.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Методы с выделением разрывов. Уравнения нестационарной газовой динамики. Их вывод. Особенности решения. Численные методы решения уравнений газовой динамики. Распад разрыва и метод Годунова.	2			20
2	Стационарные уравнения газовой динамики и численные методы их решения.	4			
3	Уравнения теории мелкой воды. Их вывод и особенности. Численные методы их решения. Распад разрыва и метод Годунова. Методы Куранта-Изаксона-Риса, Лакса-Фридрихса и Роу. Стационарные уравнения теории мелкой воды и численные методы их решения.	6			2
4	Уравнения магнитной гидродинамики (МГД).	6			2
5	Простейшие модели твердых деформируемых тел и уравнения динамики твердого деформируемого тела (ТДТ).	4			2
6	Некоторые особенности численного решения уравнений ТДТ	4			2

7	Уравнения динамики тонких оболочек.	4			2
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Методы с выделением разрывов. Уравнения нестационарной газовой динамики. Их вывод. Особенности решения. Численные методы решения уравнений газовой динамики. Распад разрыва и метод Годунова.

Уравнения нестационарной газовой динамики. Их вывод. Особенности решения. Численные методы решения уравнений газовой динамики. Распад разрыва и метод Годунова.

2. Стационарные уравнения газовой динамики и численные методы их решения.

Методы решения стационарных уравнений и задач газовой динамики.

3. Уравнения теории мелкой воды. Их вывод и особенности. Численные методы их решения. Распад разрыва и метод Годунова. Методы Куранта-Изаксона-Риса, Лакса-Фридрихса и Роу. Стационарные уравнения теории мелкой воды и численные методы их решения.

Вывод и особенности. Численные методы их решения. Распад разрыва и метод Годунова. Методы Куранта-Изаксона-Риса, Лакса-Фридрихса и Роу. Стационарные уравнения теории мелкой воды и численные методы их решения.

4. Уравнения магнитной гидродинамики (МГД).

Численные методы решения уравнений МГД и учет их особенностей, $\operatorname{div} \mathbf{B}=0$.

5. Простейшие модели твердых деформируемых тел и уравнения динамики твердого деформируемого тела (ТДТ).

Модели твердых деформируемых тел и уравнения динамики твердого деформируемого тела.

6. Некоторые особенности численного решения уравнений ТДТ

Особенности численного решения уравнений ТДТ и основные разностные схемы.

7. Уравнения динамики тонких оболочек.

Уравнения динамики тонких оболочек.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Лекции по теоретической гидродинамике [Текст] : в 2 ч. : учеб. пособие для вузов по направлению "Прикладная математика и физика". Ч. 1 / В. В. Сычев, В. А. Башкин ; М-во образования РФ, Моск. физико-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2003 .— 188 с.
2. Лекции по теоретической гидродинамике [Текст] : в 2 ч. : учеб. пособие для студентов вузов по направлению "Прикладная математика и физика". Ч. 2 / В. В. Сычев, В. А. Башкин ; М-во образования РФ, Моск. физико-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2003 .— 131 с.
3. Лекции об уравнениях с частными производными [Текст] : учебник : доп. М-вом образования СССР / И. Г. Петровский .— М. - Л. : Гостехиздат, 1950 .— 303 с.

Дополнительная литература

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не предусмотрено.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий курс, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия и умение применять их на практике.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на практических занятиях,
- подготовку к практическим занятиям, экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему практические занятия.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладная математика и информатика
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра анализа систем и решений
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	А.Ю. Семенов, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания и новые научные принципы и методы исследований в области прикладной математики и информатики
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области прикладной математики и информатики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами, устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований, проведения корректуры, редактирования, реферирования работ	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационно-коммуникационных технологий и информационных систем, задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Решение гиперболических систем дифференциальных уравнений» обучающийся должен:

знать:

фундаментальные понятия теории вычислительной математики;
современные проблемы соответствующих разделов вычислительной математики;
основные свойства соответствующих математических объектов;
аналитические и численные подходы и методы для решения типовых прикладных задач вычислительной математики и физики.

уметь:

понять поставленную задачу;
самостоятельно находить алгоритмы численного решения задач, в том числе и нестандартных, и проводить их анализ;
оценивать корректность постановок задач;
самостоятельно видеть следствия полученных результатов;
точно и полно изложить полученные результаты в устной и письменной форме.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;
навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих для своего решения использования математических подходов и методов решения гиперболических систем уравнений;
предметным языком вычислительной математики и навыками грамотного описания решения задач и представления полученных результатов.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине «Решение гиперболических систем дифференциальных уравнений» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме.

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена:

1. Студенту вручается конкретная квазилинейная система уравнений из созданной базы данных на несколько десятков различных примеров (каждому студенту дается разная задача) и предлагается проверить ему свои практические навыки по изученной дисциплине, а именно:

- a) исследовать полученную систему уравнений на гиперболичность.
- b) найти собственные числа матрицы системы уравнений.
- c) построить ее собственные вектора.
- d) построить для данной системы уравнений разностную схему Лакса-Фридрихса.
- e) построить для данной системы уравнений разностную схему типа КИР.
- f) Изучить корректность постановки граничных условий.

После успешного выполнения этого первого этапа происходит теоретический опрос по изученному материалу, а именно, задается 2 конкретных теоретических вопроса.

Билет 1

1. Системы уравнений гиперболического типа.
2. Характеристическая форма уравнений. Дивергентная форма уравнений, сохранение дивергентной формы при преобразовании независимых переменных. Расширенные системы.

Билет 2

1. Простейшее уравнение переноса. Разностные схемы для уравнения переноса в пространстве неопределенных коэффициентов. Условия аппроксимации и устойчивости.
2. Критерии монотонности разностных схем.

Билет 3

1. Обобщение разностных схем для уравнения переноса на случай квазилинейной системы уравнений гиперболического типа.
2. Консервативные схемы. Решение сеточных уравнений в случае неявных схем.

Билет 4

1. Обобщение разностных схем для квазилинейной системы уравнений гиперболического типа на многомерный случай.
2. Методы расщепления по пространственным переменным в случае канонической области интегрирования.

Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на два экзаменационных вопроса (один вытягивается в качестве билета, второй задается по усмотрению принимающего экзамен) и решил 7 экзаменационных заданий;

Оценка «отлично (9)» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на один из двух экзаменационных вопросов (один вытягивается в качестве билета, второй задается по усмотрению принимающего экзамен) и решил 7 экзаменационных заданий;

Оценка «отлично (8)» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на один из двух экзаменационных вопросов (один вытягивается в качестве билета, второй задается по усмотрению принимающего экзамен) и решил 6 экзаменационных заданий;

Оценка «хорошо (7)» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на два экзаменационных вопроса (один вытягивается в качестве билета, второй задается по усмотрению принимающего экзамен) и решил 5 экзаменационных заданий (или в случае решения 6 экзаменационных заданий ответил на один вопрос);

Оценка «хорошо (6)» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на два экзаменационных вопроса (один вытягивается в качестве билета, второй задается по усмотрению принимающего экзамен) и решил 4 экзаменационных задания (или в случае решения 5 экзаменационных заданий ответил на один вопрос);

Оценка «хорошо (5)» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на один из двух экзаменационных вопросов (один вытягивается в качестве билета, второй задается по усмотрению принимающего экзамен) и решил 4 экзаменационных задания;

Оценка «удовлетворительно (4)» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на два экзаменационных вопроса (один вытягивается в качестве билета, второй задается по усмотрению принимающего экзамен) и решил 3 экзаменационных задания;

Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на два экзаменационных вопроса (один вытягивается в качестве билета, второй задается по усмотрению принимающего экзамен) и решил 2 экзаменационных задания (или в случае решения 3 экзаменационных заданий ответил на один вопрос);

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется обучающемуся, если он решил 1 экзаменационное задание;

Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется обучающемуся, если он не решил ни одного экзаменационного задания.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов. Во время подготовки к ответу на вопрос обучающиеся могут пользоваться справочной литературой.

Время проведения письменного экзамена составляет 2 академических часа. Во время проведения письменного экзамена обучающиеся могут пользоваться вычислительной техникой.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Решение гиперболических систем

дифференциальных уравнений» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме.

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена

1. Студенту вручается конкретная квазилинейная система уравнений из созданной базы данных на несколько десятков различных примеров (каждому студенту дается разная задача) и предлагается проверить ему свои практические навыки по изученной дисциплине, а именно:
 - a) исследовать полученную систему уравнений на гиперболичность.
 - b) найти собственные числа матрицы системы уравнений.
 - c) построить ее собственные вектора.
 - d) построить для данной системы уравнений разностную схему Лакса-Фридрихса.
 - e) построить для данной системы уравнений разностную схему типа КИР.
 - f) Изучить корректность постановки граничных условий.

После успешного выполнения этого первого этапа происходит теоретический опрос по изученному материалу, а именно, задается 2 конкретных теоретических вопроса.

4. Критерии оценивания

За первый вопрос студент получает от 0 до 4 баллов, за второй и третий – от 0 до 3 баллов за каждое в зависимости от полноты представленного ответа (решения). Количество набранных баллов определяет оценку за экзамен:

Оценка	Набранные баллы
отлично (10)	более 9
отлично (9)	от 8 до 9 включительно
хорошо (8)	от 7 до 8 включительно
хорошо (7)	от 6 до 7 включительно
хорошо (6)	от 5 до 6 включительно
Удовлетворительно (5)	от 4 до 5 включительно
Удовлетворительно (4)	от 3 до 4 включительно
Удовлетворительно (3)	от 2 до 3 включительно
неудовлетворительно (2)	от 1 до 2 включительно
неудовлетворительно (1)	не более 1

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также конспектами лекций, которые рассылались лектором.

Экзамен проводится путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.