Министерство науки и высшего образования
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института
математики и фундаментальной информатики
_____ О.Н. Черепанова
22 июня 2022 г.
Институт математики
и фундаментальной информатики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Вычислительная математика

Группа научных специальностей 1.1 Математика и механика

Программа подготовки: 1.1.6 – Вычислительная математика

Красноярск 2022

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины «Вычислительная математика» является: формирование у аспирантов знаний о наиболее употребляемых в настоящее время численных методах и приемах их алгоритмической реализации при решении многомерных задач механики сплошной среды.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины «Вычислительная математика» является: получение теоретических знаний и практических навыков численного решения многомерных задач аэро- и гидродинамики, теории упругости и пластичности.

Таким образом, в результате изучения данной дисциплины у аспирантов должны сформироваться следующие навыки и умения:

- способность порождать новые идеи и применять в научно-исследовательской и профессиональной деятельности базовые знания в области фундаментальной и прикладной математики и естественных наук;
- значительные навыки самостоятельной научно-исследовательской работы и научно-изыскательской работы, а также деятельности в составе группы;
- владение методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук;
- владение методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем естествознания;
- самостоятельный анализ физических аспектов в классических постановках математических задач;
- самостоятельное построение целостной картины дисциплины;
- умение ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию, лежащую в их основе;
- собственное видение прикладного аспекта в строгих математических формулировках;
- способность к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах;
- определение общих форм, закономерностей, инструментальных средств для групп дисциплин;
- умение формулировать в проблемно-задачной форме нематематические типы знания (в том числе гуманитарные);
- умение извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, реферативных журналов и т.п.

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины «Вычислительная математика» аспирант знать методы функционального анализа, используемые при обосновании решений задач для уравнений математической физики и численных методов, основные задачи механики сплошной среды, границы применимости различных моделей, должен овладеть навыками решения новых теоретических и практических задач в области численных методов, возникающих в науке на современном этапе ее развития, навыками программирования на языке высокого уровня типа Си, в том числе на многопроцессорной технике, научиться использовать результаты теории уравнений математической физики (и других уравнений подобного типа) и совершенствовать их с целью применения в своих исследованиях.

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Вычислительная математика» является основной дисциплиной при обучении по программе 1.1.6 «Вычислительная математика», вопросы, изучаемые в дисциплине входят в вопросы на государственном экзамене.

1.5. Особенности реализации дисциплины

Дисциплина реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2 Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2,0 зачетные единицы (72 час.). Продолжительность изучения – один семестра. Учебный план дисциплины представлен в табл. 1, где объем зачетной единицы равен 36 часам.

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.часов)	Семестр
		6
Общая трудоемкость дисциплины	*2 (72)*	*2 (72)*
Контактная работа с преподавателем:	*1 (36)*	*1 (36)*
занятия лекционного типа	1 (36)	1 (36)
занятия семинарского типа		
Самостоятельная работа обучающихся:	*1 (36)*	*1 (36)*
изучение теоретического курса (ТО)	0,5 (18)	0,5 (18)
домашние задания	0,5 (18)	0,5 (18)

Промежуточная аттестация:		
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		

3 Содержание дисциплины

3.1. Содержание разделов и тем лекционного курса

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад.час)	Самостоятельная работа, (акад.час),
1	Раздел 1. Описание наиболее употребимых одномерных разностных схем и их обобщение на многомерный случай.	4	4
2	Раздел 2.Исследование свойств разностных методов многомерных задач.	4	4
3	Раздел 3. Экономичные разностные схемы решения многомерных задач.	4	4
4	Раздел 4. Численные методы решения уравнений газовой динамики.	6	4
5	Раздел 5. Численные методы решения уравнений Навье-Стокса сжимаемого теплопроводного газа и несжимаемой жидкости.	6	4
6	Раздел 6. Конечно-разностные методы, метод конечных объемов, метод конечных элементов, метод граничных элементов, метод частиц в ячейках.	4	4
7	Раздел 7. Методы повышения точности решений.	6	4
8	Раздел 8. Реализация численных методов в современных математических пакетах Mathcad, Matlab и современных языках программирования типа Python, C++.	2	8

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад.часах	
			всего	в том числе, в инновационной форме
1	Раздел 1	– Разностные схемы для одномерных уравнений переноса и диффузии. – Эффективные разностные схемы для многомерных уравнений переноса и диффузии.	4	0
2	Раздел 2	– Аппроксимация, устойчивость и сходимость. Требования к численным алгоритмам. – Разностные схемы для стационарных и нестационарных пространственных течений. Линеаризованные модели. Критерии устойчивости разностных схем.	4	0
3	Раздел 3	– Методы расщепления по направлениям и физическим процессам. Слабая аппроксимация. – Метод факторизации. Устойчивость схем в многомерном случае.	4	0
4	Раздел 4	– Разностные схемы С.К. Годунова для многомерных задач газовой динамики. – Сеточно-характеристический метод для численного решения уравнений газовой динамики. – Методы Бориса-Брука. TVD-схемы.	6	0
5	Раздел 5	– Уравнения Навье-Стокса для сжимаемой жидкости. Построение сеток. – Явный и неявный методы Мак-Кормака . Обзор других методов. – Уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости. Методы расщепления.	6	0
6	Раздел 6	– Методы конечных объёмов и конечных элементов. – Методы граничных элементов. Метод частиц в ячейках Харлоу.	4	0
7	Раздел 7	– Неравномерные сетки. Преобразование координат. Адаптивные сетки. – Схемы повышенного порядка точности. Аппроксимация на расширенном шаблоне. – Компактные схемы. Принципы построения. Многомерный случай.	6	0

8	Раздел 8	– Возможности численного решения задач газовой динамики в пакетах Maple, Mathcad и Matlab.	2	0

3.3 Занятия семинарского типа

Учебным планом не предусмотрено.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для самостоятельного изучения теоретического материала используются учебники и учебные пособия, приведенные в списке литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала подразумевает:

1. Более глубокую проработку лекционного материала;
2. Теоретические исследования:
   - Построение и исследование разностных схем для одномерных уравнений переноса и диффузии.
   - Исследования на устойчивость разностных схем в одномерном случае.
   - Исследование на устойчивость в многомерном случае.
   - Расщепление по физическим процессам и пространственным переменным в многомерном случае дифференциальных уравнений и разностных схем.
3. Написание небольших иллюстрационных примеров с использованием пакета Matlab, реализующих алгоритмы:
   - задача о распаде разрыва.
   - метод характеристик для задач газовой динамики.
   - методов Мак-Кормака.
   - Вариационный метод Ритца.
   - Проекционный метод Галёркина.
   - Применение метода конечных элементов для нестационарных уравнений.
   - Метод Кранка-Николсона.
   - Метод «предиктор-корректор».
   - Схемы повышенной точности.
   - Методы дробных шагов, разработанные Н.Н. Яненко.

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств приведен в приложении к настоящей программе.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Таблица 1 – Рекомендованные оценочные средства для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья

Категории обучающихся	Виды оценочных средств	Форма контроля и оценки результатов обучения
Для лиц с нарушениями зрения	Контрольные вопросы	в форме электронного документа
Для лиц с нарушениями слуха	Контрольные вопросы	в печатной форме, в форме электронного документа
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:	Контрольные вопросы	в печатной форме, в форме электронного документа.

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. Бахвалов Н.С. Численные методы / Н.С.Бахвалов, Н.П. Жидков, Б.М.Кобельков. –М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011 г.
2. Ковеня В.М. Разностные методы решения многомерных задач. Новосибирк: НГУ, 2004.
3. Петров И.Б., Лобанов А.И. Лекции по вычислительной математике. М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
4. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы математической физики. М.: Научный мир, 2003. 316 с.
5. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения обратных задач математической физики. М.: Едиториал УРСС, 2004. 480 с.

Дополнительная литература

1. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. 1-2 том. 1-2 том М.: Мир, 1990.
2. Ковеня В.М., Яненко Н.Н. Метод расщепления в задачах газовой динамики. Новосибирск: Наука, 1981.
3. Оран Э., Борис Дж. Численное моделирование реагирующих потоков. М.: Мир, 1990
4. Рябенький В.С. Введение в вычислительную математику. М.: Физматлит, 2000.
5. Косарев В.И. 12 лекций по вычислительной математике. М.: Изд-во МФТИ, Физматкнига, 2000.
6. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение. М.: Мир, 1998.
7. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 2009.
8. Марчук Г.И. Методы расщепления. М.: Наука, 1988.
9. Толстых А.И. Компактные разностные схемы и их применение в задачах аэрогидродинамики. М.: Наука, 1990.
10. Яненко Н.Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. Новосибирск: Наука, 1967.
11. Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений. М.: Наука, 1978.
12. Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику. М.: Изд-во МФТИ, 2008.
13. Численное решение многомерных задач газовой динамики. Под редакцией Годунова С.К. М.: Наука, 1976.
14. Шокин Ю.И., Яненко Н.Н. Метод дифференциального приближения. Новосибирск: Наука, 1979.

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

http://www.wikipedia.org/ (Википедиа — свободная энциклопедия);
http://www.bse.sci-lib.com/ (Большая советская энциклопедия);
http://exponenta.ru;
http://www.intuit.ru.

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Занятия лекционного типа проводятся в традиционном виде. В конце семестра предусмотрен экзамен.

Самостоятельное изучение основного и дополнительного теоретического материала подразумевает:

- более глубокую проработку лекционного материала;
- написание небольших иллюстрационных примеров, расширяющих лекционный материал.

Дополнительные источники теоретического материала содержатся в специальной литературе, а также доступной информации на тематических сайтах Интернет.

Основной способ контроля самостоятельного изучения теоретического материала: коллективное обсуждение в аудитории.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья представляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации в зависимости от нозологии:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1. Перечень необходимого программного обеспечения.

Каждый обучающийся должен быть обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к сети Интернет.

9.2. Перечень необходимых информационных справочных систем.

Каждый обучающийся должен быть обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечной системе bik.sfu-kras.ru. Должен быть обеспечен доступ к международным реферативным базам данных научных изданий.

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимы помещения для проведения занятий лекционного типа, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

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

Программу составили

_____ д-р.физ.-мат.наук, профессор Шайдуров В.В.

_____ д-р физ.-мат. наук, профессор Садовский В.М.