

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики**

А.М. Райгородский

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Практикум по современным вычислительным технологиям
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Математическое моделирование и компьютерные технологии Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: А.А. Данилов, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике 11.03.2020

Аннотация

В курсе рассматриваются технологические вопросы построения расчетных сеток, формирования и решения сеточных систем, а также методы численного решения двух модельных уравнений математической физики — стационарного уравнения диффузии и нестационарного уравнения конвекции-диффузии.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- освоение студентами фундаментальных знаний в области математического моделирования, изучение современных методов решения линейных и нелинейных систем уравнений, технологий построения расчетных сеток, методов дискретизации краевых задач, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области вычислительных технологий, обеспечивающих технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов современным методам решения больших систем, технологиям построения расчетных сеток, методам визуализации и анализа результатов, и ознакомление с их приложениями;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами по математическому моделированию в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.2 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ современные проблемы вычислительной математики;
- ☐ современные тренды в развитии вычислительных технологий;
- ☐ постановку проблем моделирования физических процессов;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ работать на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- ☐ пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых математических и физических данных и понятий.

владеть:

- ☐ планированием, постановкой и обработкой результатов численного эксперимента;
- ☐ научной картиной мира;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ навыками освоения большого объёма информации;
- ☐ культурой постановки и моделирования физических задач.

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	Принципы создания и использования библиотек		10		5
2	Иерархическое измельчение сеток		10		5
3	Задачи на собственные значения		10		5
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 8 (Весенний)

1. Принципы создания и использования библиотек

Принципы создания и использования библиотек. Необходимость учитывать архитектуру компьютера. Библиотеки BLAS, LAPACK.

Интегрированные системы Интегрированные системы как совокупность всех этапов решения уравнений математической физики: создание геометрической модели, построение расчетной сетки, дискретизация, решение сеточной системы, визуализация. Примеры интегрированных систем (MATLAB, FreeFEM, PLTMG). Интегрированные системы или библиотеки подпрограмм?

Геометрическое представление расчетной области Геометрическое представление расчетной области. Конструктивная блочная геометрия. Представление границы набором параметризованных кусков. Задание области через дискретную границу. Задание области начальной сеткой.

Построение неструктурированных сеток Генерация расчетных сеток. Блочнo-структурированные сетки. Нестыкующиеся сетки. Построение неструктурированных сеток методом Делонэ и методом продвигаемого фронта.

2. Иерархическое измельчение сеток

Иерархическое измельчение сеток Перестроение сеток иерархическим измельчением (загрублением). Полное перестроение сетки локальными модификациями.

Происхождение систем сеточных уравнений Создание систем сеточных уравнений. Понятие о методе конечных разностей, методе конечных элементов, методе конечных объемов.

Прямые методы решения систем линейных уравнений Решение систем линейных уравнений. Прямые методы для плотных квадратных матриц (LAPACK), для разреженных матриц (UMFPACK).

Итерационные методы решения систем линейных уравнений Итерационные методы решения систем линейных уравнений: итерации на подпространствах Крылова, умножение матрицы на вектор, понятие о переобуславливателе. Примеры реализаций Ani2D, SPARSKIT, PETSC.

3. Задачи на собственные значения

Решение полной и частичной задач на собственные значения (LAPACK, ARPACK).

Визуализация и анализ расчета Визуализация и анализ расчета. Анализ по значениям в заданных точках. Двумерная визуализация: изолинии и цветовая палитра, плоское векторное поле. Трехмерная визуализация (GMV, ParaView): визуализация расчетной области, изоповерхность, изообъем, трехмерное векторное поле, траектории частиц. Нестационарные объекты.

Представление результата Представление результата: технический отчет и электронная презентация. Принципы создания отчета и подготовки презентации.

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

Компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система)
Обеспечение самостоятельной работы — электронная библиотека ИВМ РАН.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Василевский Ю., Капырин И.. Практикум по современным вычислительным технологиям и основам математического моделирования. М.:Макс-ПРЕСС, 2009. - 60с. ISBN 978-5-89407-357-6
2. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения. М.:Мир, 2001. - 430с. ISBN 5-03-003402-1
3. Тыртышников Е.Е. Методы численного анализа. М.: Академия, 2007. 320с. ISBN 978-5-7695-3925-1
4. Saad Y. Iterative methods for sparse linear systems. 2nd Edition. SIAM, 2003.

Дополнительная литература

1. Марчук Г. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1989.
2. Джордж А., Лю И. Численное решение больших разреженных систем уравнений. М.: Мир, 1984.
3. Kelley C.T. Iterative Methods for Linear and Nonlinear Equations. SIAM, Philadelphia, 1995.
4. Львовский С.М. Набор и верстка в пакете Latex. Космосинформ, 1995.

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)

Информационные ресурсы: доступные через Internet электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса
<http://www.inm.ras.ru/library/Vassilevski/yuv-kapyrin-svt-prak.pdf>.

□ Интегрированные системы

<http://www.alberta-fem.de/>

<http://www.scicomp.ucsd.edu/~reb/software.html>

<http://www.fetk.org/>

□ Генераторы сеток

<http://www.cs.cmu.edu/~quake/triangle.html>

<http://sourceforge.net/projects/ani2d>

□ Библиотеки приложений

<http://www-users.cs.umn.edu/~saad/software/SPARSKIT/>

<http://faculty.cse.tamu.edu/davis/suitesparse.html>

<http://www.caam.rice.edu/software/ARPACK/>

□ Визуализация

<http://www.geomview.org/>

<http://www.paraview.org/>

<http://www.generalmeshviewer.com/>

□ Электронные презентации

<http://www.nsu.ru/education/powerpoint/>

<http://bitbucket.org/rivanvx/beamer/wiki/Home>

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

Студент, изучающий дисциплину, 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, аксиомы, алгоритмы.

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 конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к дифференцированному зачету.

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

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

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Математическое моделирование и компьютерные технологии Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
курс:	<u>4</u>
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	А.А. Данилов, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.2 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Практикум по современным вычислительным технологиям» обучающийся должен:

знать:

- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ современные проблемы вычислительной математики;
- ☐ современные тренды в развитии вычислительных технологий;
- ☐ постановку проблем моделирования физических процессов;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ работать на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- ☐ пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых математических и физических данных и понятий.

владеть:

- ☐ планированием, постановкой и обработкой результатов численного эксперимента;
- ☐ научной картиной мира;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ культурой постановки и моделирования физических задач.

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 или в конце занятия по пройденной теме.

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

1. Библиотеки BLAS, LAPACK.
2. Примеры интегрированных систем (MATLAB, FreeFEM, PLTMG).
3. Геометрическое представление расчетной области. Представление границы набором па-раметризованных кусков. Задание области через дискретную границу. Задание области на-чальной сеткой.
4. Генерация расчетных сеток. Построение неструктурированных сеток методом Делонэ и методом продвигаемого фронта.

5. Перестроение сеток иерархическим измельчением (загрублением). Полное перестроение сетки локальными модификациями.
6. Метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод конечных объёмов.
7. Решение систем линейных уравнений. Прямые методы для плотных квадратных матриц (LAPACK), для разреженных матриц (UMFPACK).
8. Итерационные методы решения систем линейных уравнений. Примеры реализаций Ani2D, SPARSKIT, PETSC.
9. Решение полной и частичной задач на собственные значения (LAPACK, ARPACK).
10. Визуализация и анализ расчета. Двумерная визуализация: изолинии и цветовая палитра, плоское векторное поле. Трёхмерная визуализация (GMV, ParaView).
11. Представление результата: технический отчет и электронная презентация.

Примерный перечень билетов:

Билет №1

1. Геометрическое представление расчетной области.
2. Визуализация и анализ расчета.

Билет №2

1. Делонэ и методом продвигаемого фронта.
2. Прямые методы для плотных квадратных матриц (LAPACK), для разреженных матриц (UMFPACK).

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.