

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
природоподобных, плазменных и
ядерных технологий им. И.В.**

Курчатова

Т.Е. Григорьев

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Математическое моделирование и компьютерный анализ
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Синхротронные и нейтронные методы исследований Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра информатики и вычислительных сетей
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 90 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: С.В. Поляков, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры информатики и вычислительных сетей 29.03.2024

Аннотация

Целью дисциплины является формирование базовых знаний в области теории и практики математического моделирования и разработки программного обеспечения современных компьютерных и суперкомпьютерных систем при решении прикладных задач. Обучение студентов принципам создания программных комплексов на базе современной компьютерной и суперкомпьютерной техники, ориентированных на научно-технические, промышленные или гуманитарные приложения.

Практическое применение студентами полученных знаний при выполнении курсовых и выпускных работ на степень магистра.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- подготовка высококвалифицированных специалистов в области современного математического моделирования и разработки промышленного программного обеспечения для информационно-вычислительных систем различного назначения с использованием современных компьютерных технологий, математических методов обработки и анализа данных.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области теории и практики математического моделирования и разработки программного обеспечения современных компьютерных и суперкомпьютерных систем при решении прикладных задач;
- обучение студентов принципам создания программных комплексов на базе современной компьютерной и суперкомпьютерной техники, ориентированных на научно-технические, промышленные или гуманитарные приложения;
- практическое применение студентами полученных знаний при выполнении курсовых и выпускных работ на степень магистра.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	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 математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия теории алгоритмов, принципы разработки отдельных программ и больших программных комплексов;
- общую постановку и методы решения задач математического моделирования и компьютерного анализа данных в различных предметных областях науки, техники и технологий;
- архитектуру и принципы функционирования современных компьютерных и суперкомпьютерных систем, тенденции их развития;
- основы управления компьютерными системами на уровне операционной системы, на уровне программных систем и отдельных приложений;
- основы теории программирования и компьютерных вычислений;
- принципы разработки отдельных программ и больших программных комплексов;
- основы проектирования и поддержания жизненного цикла промышленного программного обеспечения.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты курса: понятия, суждения, умозаключения, законы, тенденции;
- представлять панораму универсальных методов и алгоритмов в области математического моделирования и компьютерного анализа данных;
- работать на современном компьютерном оборудовании, управляемом различными операционными системами;
- абстрагироваться от несущественных влияний программной среды и создавать переносимые приложения и программные комплексы;
- разрабатывать последовательные и параллельные программы для персональных компьютеров, кластеров и суперкомпьютеров на языках высокого уровня;
- разрабатывать архитектуру и реализовывать большие программные системы и комплексы;
- использовать сторонние программные средства в собственных разработках и интегрировать последние в сторонние программные системы;
- решать конкретные прикладные задачи на основе разработанных программных средств с помощью современной компьютерной и суперкомпьютерной техники;
- оценивать эффективность разработанных программных средств.

владеть:

- методами математического моделирования и компьютерного анализа данных в целях решения конкретных научно-технических задач;
- навыками самостоятельного проведения полного цикла математического моделирования на персональном компьютере и высокопроизводительном кластере;
- навыками разработки программного обеспечения научного и промышленного уровня.

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	Классификация и особенности математических моделей			15	20

2	Методы анализа математических моделей			15	28
3	Разработка больших программных систем			15	16
4	Компьютерный анализ данных			15	26
Итого часов				60	90
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

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

Семестр: 3 (Осенний)

1. Классификация и особенности математических моделей

Математическая модель. Что называют математической моделью. Определения. Универсальность моделей. Классификация моделей.

2. Методы анализа математических моделей

Типы данных. Структурированная и не структурированная информация. Передача данных. Сжатие данных и форматирование. Отбор полезных событий. Выделение полезной информации из потока данных.

3. Разработка больших программных систем

Триггеры первого уровня. ON-LINE отбор событий. Триггеры второго уровня. (На примере сепарации частиц по заряду в ядерно-физическом эксперименте).

4. Компьютерный анализ данных

Основные принципы работы PAnda. Panda – server, Panda – pilot. Понятие баз данных. Типы Баз данных.

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

Учебный кластер из 12 персональных компьютеров и сервера.

Компьютер и проектор, учебный кластер из 12 персональных компьютеров и сервера.

Необходимое программное обеспечение

Операционная система Linux, компилятор C/C++, среда разработки приложений ECLIPSE, среда визуального программирования Qt Designer, прикладные программные среды ANSYS CFX, OpenFOAM

Обеспечение самостоятельной работы

Доступ через Интернет к ресурсам учебного кластера.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Параллельные вычисления [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин .— СПб : БХВ-Петербург, 2004 .— 608 с.

2. Вычислительная математика и структура алгоритмов [Текст] : 10 лекций о том, почему трудно решать задачи на вычислительных системах параллельной архитектуры и что надо знать дополнительно, чтобы успешно преодолевать эти трудности : учебник для вузов / В. В. Воеводин ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова .— 2-е изд., стереотип. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 2010 .— 168 с.
3. Теория и практика параллельных вычислений [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. П. Гергель .— М. : Интернет-Университет Информ. Технологий : БИНОМ. Лаб. знаний, 2007 .— 423 с.
- Фонд литературы кафедры

4. А.А. Самарский, А.П. Михайлов. Математическое моделирование. – М.: Физматлит, 1997, 2005.
5. А.А. Самарский, А.П. Михайлов. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. - М.: Физматлит, 2001.
6. Н.С. Бахвалов, В.В. Воеводин. Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования. Том 1. Вычислительная математика. Том 2. Математическое моделирование. - М.: Наука, 2005.
7. А.Д. Мышкис. Элементы теории математических моделей. - М.: КомКнига, 2007.
8. Орлова, И.В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учеб. пособие. – М.: Вузовский учебник, 2009.
9. Г.Л. Нохрина. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. Курс лекций. - ЕКАТЕРИНБУРГ, Уральский гос. лесотехн. университет, 2014.
10. Марка, Д. Методология структурного анализа и проектирования SADT / Д. Марка, К. МакГоуэн. - М. : МетаТехнология, 2003.
11. И.О. Одинцов. Профессиональное программирование. Системный подход. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
12. Джозеф Шмюллер. Освой самостоятельно UML 2 за 24 часа. Практическое руководство = Sams Teach Yourself UML in 24 Hours, Complete Starter Kit. - М.: Вильямс, 2005.
13. Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж. UML. Классика CS / С. Орлов. - 2-е изд.. - СПб.: Питер, 2006.
14. В.В. Бахтизин. Технология разработки программного обеспечения.- Минск: БГУИР, 2010.
15. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. - М.: Наука, 1973.
16. Р. Шеннон. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. - М.: Мир, 1978.
17. Г.А. Михайлов. Численное статистическое моделирование: методы Монте-Карло. - М.: Академия, 2006.
18. С.М. Ермаков. Метод Монте-Карло в вычислительной математике: ввод. курс / С.М. Ермаков. - М.: СПб.: Бином. Лаб. Знаний: Нев. диалект, 2009.
19. Г.Р. Эндрюс. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. - М., Вильямс, 2003.

Дополнительная литература

1. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. С. Антонов ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова .— М. : Изд-во Моск. ун-та, 2012 .— 344 с.

2. Дж. Ортега. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. Пер. с англ. - М.: Мир, 1991.
3. А.Н. Коновалов. Введение в вычислительные методы линейной алгебры. Новосибирск, ВО "Наука", Сибирская издательская фирма, 1993.
4. Ian Foster. Designing and Building Parallel Programs. Addison-Wesley, 1995.
5. М.В. Якобовский. Распределенные системы и сети. - М.: МГТУ "СТАНКИН", 2000.
6. Yu. Saad. Iterative Methods for Sparse Linear Systems. - Second edition with corrections, 2000.
7. Г.Л. Коткин, В.С. Черкасский. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2001.
8. У. Стивенс. UNIX: взаимодействие процессов. - Спб.: Питер, 2002.
9. А.О. Лацис. Как построить и использовать суперкомпьютер. - М.: Бестселлер, 2003. - 240 с.
10. Dongarra J., Foster I., Fox J., et al. Sourcebook of Parallel Computing. San Francisco (CA, USA): Elsevier Science, 2003.
11. М.С. Кубланов. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов: Учебное пособие. Часть I. Третье издание. - М.: МГТУ ГА, 2004.
12. А.С. Антонов. Параллельное программирование с использованием технологии MPI. - М.: Изд-во Московского университета, 2004.
13. М.В. Якобовский, Е.Ю. Кулькова. Решение задач на многопроцессорных вычислительных системах с разделяемой памятью. - М.: СТАНКИН, 2004.
14. Крэг Ларман. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования = Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development. - М.: Вильямс, 2006.
15. Вл.В. Воеводин, С.А. Жуматий. Вычислительное дело и кластерные системы. - М.: Изд-во МГУ, 2007.
16. А.В. Боресков, А.А. Харламов. Основы работы с технологией CUDA. - М.: ДМК Пресс, 2010.
17. Дж. Сандерс, Э. Кэндрот. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров. - М.: ДМК Пресс, 2011. 180. Блинов Ю.Ф., Иванцов В.В., Серба П.В. Методы математического моделирования. Ч.1. Электронное учебное пособие. Таганрог, ТТИ ЮФУ, 2012.

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

1. <http://www.intuit.ru/> - российский образовательный портал.
2. <http://www.parallel.ru/> - портал по технологиям параллельных вычислений.
3. <http://www.citforum.ru> – сервер информационных технологий.

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

Во время выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы обучающиеся используют многоядерные компьютеры под управлением ОС Linux, компиляторы ANSI GNU C/C++, среды разработки приложений ECLIPSE и Qt Designer, прикладные программные среды ANSYS CFX, OpenFOAM.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся имеют удаленный доступ через Интернет к ресурсам учебного кластера.

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

Для успешного освоения курса, помимо выполнения лабораторных заданий, от студентов требуется самостоятельная работа в объеме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы (всего не менее 75 часов в семестр). В основном, это время отводится на самостоятельное изучение теоретических основ курса и подготовку выполнения лабораторных работ. Самостоятельные занятия включают в себя также повторение материала лабораторных и подготовку к экзамену. В качестве формы контроля производится индивидуальная проверка лабораторных работ, а также выполнения одного контрольного задания повышенной сложности. Студенты, успешно прошедшие все формы промежуточного контроля, допускаются к сдаче экзамена по дисциплине.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Синхротронные и нейтронные методы исследований Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра информатики и вычислительных сетей
курс:	2
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	С.В. Поляков, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	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 математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование и компьютерный анализ» обучающийся должен:

знать:

- основные понятия теории алгоритмов, принципы разработки отдельных программ и больших программных комплексов;
- общую постановку и методы решения задач математического моделирования и компьютерного анализа данных в различных предметных областях науки, техники и технологий;
- архитектуру и принципы функционирования современных компьютерных и суперкомпьютерных систем, тенденции их развития;
- основы управления компьютерными системами на уровне операционной системы, на уровне программных систем и отдельных приложений;
- основы теории программирования и компьютерных вычислений;
- принципы разработки отдельных программ и больших программных комплексов;
- основы проектирования и поддержания жизненного цикла промышленного программного обеспечения.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты курса: понятия, суждения, умозаключения, законы, тенденции;
- представлять панораму универсальных методов и алгоритмов в области математического моделирования и компьютерного анализа данных;
- работать на современном компьютерном оборудовании, управляемом различными операционными системами;
- абстрагироваться от несущественных влияний программной среды и создавать переносимые приложения и программные комплексы;
- разрабатывать последовательные и параллельные программы для персональных компьютеров, кластеров и суперкомпьютеров на языках высокого уровня;
- разрабатывать архитектуру и реализовывать большие программные системы и комплексы;
- использовать сторонние программные средства в собственных разработках и интегрировать последние в сторонние программные системы;
- решать конкретные прикладные задачи на основе разработанных программных средств с помощью современной компьютерной и суперкомпьютерной техники;
- оценивать эффективность разработанных программных средств.

владеть:

- методами математического моделирования и компьютерного анализа данных в целях решения конкретных научно-технических задач;
- навыками самостоятельного проведения полного цикла математического моделирования на персональном компьютере и высокопроизводительном кластере;
- навыками разработки программного обеспечения научного и промышленного уровня.

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

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по темам предыдущих занятий.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Математическое моделирование и компьютерный анализ» осуществляется в форме **экзамена**. Экзамен проводится в устной форме.

Теоретические вопросы

1. Массивы данных. Роль данных в науке, промышленности бизнесе и обществе.
2. Основные задачи аналитики данных.
3. Примеры получения новых научных знаний и построения прогнозов для принятия решений.
4. Что на сегодняшний день понимается под термином «большие данные». Основный критерии. Критерий – 3V.
5. Типы данных. Структурированная и не структурированная информация.
6. Привести примеры основных источников данных в науке, технике, бизнесе и обществе.
7. Источники данных в ядерно-физическом эксперименте. Информация с детекторов элементарных частиц.
8. Сигналы с электронных устройств – аналоговые и цифровые сигналы.
9. Потоки научных данных. Преобразование форматов данных, сохранение.
10. Передача данных. Сжатие данных и форматирование.
11. Отбор полезных событий. Выделение полезной информации из потока данных.
12. Триггеры первого уровня. ON-LINE отбор событий.
13. Триггеры второго уровня. (На примере сепарации частиц по заряду в ядерно-физическом эксперименте).
14. Регистрация полезных событий на уровне высокого уровня фоновых событий.
15. Фильтрация событий
16. Потоки научных данных с экспериментальных установок. Фильтрация, сохранение и распределение данных на примере экспериментов на БАК.
17. Система ГРИД. Распределенные вычисления.
18. Центры хранения, обработки и распределения информации в WLCG. TIER – центры и взаимодействие между ними.
19. Анализ ресурсов распределенной вычислительной системы. Система анализа ресурсов и управления заданиями PAnda.
20. Основные принципы работы PAnda. Panda – server, Panda – pilot.
21. Работа высокопроизводительной вычислительной системы под управлением системы управления заданиями. MEGA PAnda.
22. Понятие баз данных. Типы Баз данных.
23. Основные понятия о HADOOP.
24. Основные понятия о CASANDRA.
25. Метод MAPREDUCE.

3.1. Примеры экзаменационных билетов

Билет №1

1. Массивы данных. Роль данных в науке, промышленности бизнесе и обществе.
2. Отбор полезных событий. Выделение полезной информации из потока данных.

Билет №2

1. Основные задачи аналитики данных.
2. Основные понятия о CASANDRA.

4. Критерии оценивания

Оценка «отлично (10, 9, 8)» 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 «хорошо (7, 6, 5)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но имеет отдельные пробелы в знаниях, допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности и мелкие ошибки, не влияющие критично на общую правильность ответа или решения задания, выбирает неоптимальные решения.

Оценки «удовлетворительно (4 и 3)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом владеющему основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и способному применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка «неудовлетворительно (2)» (и ниже) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

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

Пример для билета к экзамену, состоящему из двух вопросов:

1. Массивы данных. Роль данных в науке, промышленности бизнесе и обществе.
2. Основные принципы работы PAnda. PAnda – server, PAnda – pilot.

За ответ на каждый из вопросов студент получает от 0 до 5 баллов в зависимости от полноты и правильности представленного ответа. Сумма набранных баллов определяет оценку за экзамен.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.