

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректор
Дата подписания: 11.06.2025 12:35:11
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

«01» 04 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Параллельные вычисления»

Направление подготовки — 02.03.01 «Математика и компьютерные науки»

Направленность (профиль) - «Компьютерная математика и анализ данных»

Москва 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных
Компетенция ПК-2 «Способен применять вычислительные методы к решению естественнонаучных и прикладных задач» сформулирована:

1) в результате анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, а также консультаций с ведущими работодателями;

2) на основе профессионального стандарта» 06.001 «Программист»

Обобщенная трудовая функция «D Разработка требований и проектирование программного обеспечения»

Трудовые функции: «D/03.6 Проектирование программного обеспечения»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.ПарВыч. Способность применять существующие программные среды и разрабатывать собственные параллельные программные средства для решения прикладных задач методами математического и компьютерного моделирования	Разработка параллельных численных алгоритмов и создание, отладка, проверка работоспособности, модификация прикладного параллельного программного обеспечения современных компьютерных и суперкомпьютерных вычислительных систем	Знает - базовые принципы формирования математических моделей; - базовые численные методы решения прикладных задач; - базовые программные среды и инструменты параллельного программирования Умеет - формулировать модельные прикладные задачи, - применять современные численные методы их решения, - разрабатывать параллельные реализации численных алгоритмов, - выбирать оптимальное сочетание базовой программной среды и инструментов параллельного программирования в целях решения компьютерными средствами прикладных задач, - решать с помощью существующих программных сред и собственных параллельных программных средств конкретные фундаментальные и прикладные математических задачи. Имеет опыт разработки парал-

		лельных алгоритмов и программ для решения конкретных фундаментальных и прикладных математических задач, в том числе базовых задач математической физики.
--	--	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине:

1. Владение знаниями и умениями по основам линейной алгебры и аналитической геометрии, математического анализа, дискретной математики, информатики, теории дифференциальных уравнений (обыкновенных и в частных производных), методов вычислительной математики.
2. Владение знаниями и умениями по курсам программирования на языке С, объектно-ориентированного программирования на языке С++.
3. Владение английским языком на уровне общего образовательного курса технического вуза.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
4	1	4	144	32	16	16	44	Эк (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Введение в параллельные вычисления	4	2	2	8	Выполнение и защита лабораторных работ 1-2

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2. Параллельное программирование	4	2	2	6	Выполнение и защита лабораторных работ 3-4
3. Решение основных математических задач, возникающих при проектировании электронных приборов	4	2	2	6	Выполнение и защита лабораторных работ 5-6
4. Одномерные краевые и начально-краевые задачи	4	2	2	6	Выполнение и защита лабораторных работ 7-8
5. Многомерные краевые и начально-краевые задачи	8	4	4	10	Выполнение и защита лабораторных работ 9-10
6. Решение краевых и начально-краевых задач в криволинейных областях	8	4	4	10	Защита лабораторных работ 11-12 Защита индивидуального комплексного задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Введение в параллельные вычисления. Производительность вычислительных систем, методы ее оценки и способы повышения.
	2	2	Архитектуры параллельных вычислительных систем.
2	3	2	Принципы построения параллельных алгоритмов. Виды параллелизма. Организация параллельных процессов. Примеры.
	4	2	Средства параллельного программирования. Методы разработки параллельных программ. Проблемы балансировки загрузки.
3	5	2	Параллельные алгоритмы в задачах математической физики. Численные методы и параллельные алгоритмы решения ОДУ.
	6	2	Параллельные алгоритмы решения спектральных и экстремальных задач.
4	7	2	Численные методы и параллельные алгоритмы решения пространственно-одномерных краевых задач
	8	2	Численные методы и параллельные алгоритмы решения пространственно-одномерных начально-краевых задач

5	9,10	4	Численные методы и параллельные алгоритмы решения начально-краевых задач для параболических уравнений
	11,12	4	Численные методы и параллельные алгоритмы решения краевых задач для эллиптических уравнений
6	13,14	4	Численные методы и параллельные алгоритмы решения краевых и начально-краевых задач в двумерных криволинейных областях. Общая методология. Методы нерегулярных шаблонов и фиктивных областей.
	15,16	4	Численные методы и параллельные алгоритмы решения краевых и начально-краевых задач в двумерных криволинейных областях. Метод нерегулярных сеток.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	1	Работа с персональным компьютером под управлением ОС Windows и Linux. Измерение производительности персонального компьютера. Примеры.
		1	Создание локальных параллельных процессов. Обмен данными между локальными параллельными процессами. Библиотека PThreads и стандарт OpenMP. Примеры.
2	2	1	Стандарт MPI. Основные группы функций MPI. Обмены MPI типа точка-точка. Коллективные функции MPI. Групповые вычисления. Примеры.
		1	Организация различных схем обменов. Виртуальные топологии. Гибридные схемы вычислений. Примеры.
3	3	1	Параллельная реализация численного решения задачи Коши для ОДУ и для системы ОДУ 1-го порядка. Примеры.
		1	Параллельная реализация численного решения спектральной задачи. Параллельная реализация численного решения задачи поиска минимума функции многих переменных. Примеры.
4	4	1	Параллельная реализация численного решения линейной и квазилинейной пространственно одномерных краевых задач. Примеры.
		1	Параллельная реализация численного решения линейного и квазилинейного пространственно одномерного уравнения теплопроводности. Примеры.
5	5	1	Параллельная реализация численного решения задачи Дирихле для двумерного уравнения Пуассона прямыми и итерационными методами. Примеры.
		1	Параллельная реализация численного решения начально-краевых задач для двумерного уравнения теплопроводности и двумерного уравнения колебаний струны. Примеры.
	6	1	Параллельная реализация численного решения задачи Дирихле для двумерного уравнения Пуассона прямыми и итерационными методами.
		1	Параллельная реализация численного решения начально-краевых задач для двумерного уравнения теплопроводности и двумерного уравнения колебаний струны.
6	7	2	Параллельная реализация численного решения задачи Дирихле для двумерного уравнения Пуассона в криволинейной области на треугольной сетке.
	8	2	Параллельная реализация численного решения начально-краевой задачи для трехмерного уравнения теплопроводности в многосвязной области, составленной из параллелепипедов.

4.3. Лабораторные занятия

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	1	Измерение производительности персонального компьютера на элементарных операциях с двойной точностью: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень, а также при вычислениях функций: $\sin(x)$, $\exp(x)$, $\ln(x)$.
		1	Решение задачи одномерного численного интегрирования с помощью распараллеливания по процессам и трэдам в рамках одного вычислительного узла.
2	2	1	Решение задач двух- и трехмерного численного интегрирования с помощью распараллеливания по процессам и трэдам в рамках нескольких вычислительных узлов.
		1	Решение задачи сортировки распределенного массива вещественных чисел большой размерности.
3	3	1	Численное решение задачи Коши для системы ОДУ 1-го порядка большой размерности.
		1	Решение спектральной задачи для вещественной симметричной матрицы с помощью QR-алгоритма. Поиск глобального минимума функции двух переменных методом кривых Пеано.
4	4	1	Численное решение линейной и квазилинейной пространственно одномерных краевых задач для ОДУ 2-го порядка.
		1	Численное решение начально-краевых задач для линейного и квазилинейного пространственно одномерного уравнения теплопроводности.
5	5	2	Численное решение задачи Дирихле для двумерного уравнения Пуассона прямыми и итерационными методами.
	6	2	Численное решение начально-краевых задач для двумерного уравнения теплопроводности и двумерного уравнения колебаний струны.
6	7	2	Численное решение задачи Дирихле для двумерного уравнения Пуассона в криволинейной области на треугольной сетке.
	8	2	Численное решение начально-краевой задачи для трехмерного уравнения теплопроводности в многосвязной области, составленной из параллелепипедов.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ 1,2
2	4	Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ 3,4
3	4	Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ 5,6
4	4	Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ 7,8
5	4	Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ 9,10
6	4	Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ 11,12
5-6	29	Выполнение индивидуального комплексного задания

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрено

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru>):

Общее

- ✓ Методические указания студентам по изучению дисциплины:

При изучении теоретических основ по модулям 1-6 необходимо использование материалов с сайта преподавателя, в том числе конспекта лекций и семинарских занятий.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины складывается из материалов на сайте преподавателя (<http://polyakov.imamod.ru/arc/stud/index21.html>) и удаленного доступа по протоколу ssh к учебному кластеру ИПИМ им. М.В.Келдыша РАН по адресу imm10.keldysh.ru.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования : Учеб. пособие / К.Ю. Богачев. - 3-е изд., электронное. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 345 с. - (Математика). - URL: <https://e.lanbook.com/book/70745> (дата обращения: 15.02.2024).
2. Боресков А.В. Основы работы с технологией CUDA / А.В. Боресков, А.А. Харламов. - М. : ДМК Пресс, 2010. - 232 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/1260> (дата обращения: 15.02.2024).
3. Сандерс Дж. (Sanders J.).Технология CUDA в примерах. Введение в программирование графических процессоров = CUDA by Example: An Introduction to general-purpose GPU Programmong / Сандерс Дж., Э. Кэндрот; [пер. с англ.]; Предисл. Дж. Донгарра; науч. ред. А.В. Боресков. - М. : ДМК Пресс, 2011. - 232 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/3029> (дата обращения: 15.02.2024).
4. Уильямс Э. Параллельное программирование на C++ в действии : Практика разработки многопоточных программ : Пер. с англ. А.А. Слинкина / Э. Уильямс. - М. : ДМК Пресс, 2012. - 672 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/4813> (дата обращения: 15.02.2024)

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 15.02.2024). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.02.2024). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ.

3. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел. Информатика и информационные технологии»: Информационная система; URL: <https://habr.com/> (дата обращения: 15.02.2024). — Режим доступа: общедоступный.
4. Крупнейший веб-сервис для хостинга IT-проектов и их совместной разработки; URL: <https://github.com/> (дата обращения: 15.02.2024). — Режим доступа: общедоступный.
5. Общероссийский математический портал; URL: <http://www.mathnet.ru/> (дата обращения: 15.02.2024). — Режим доступа: общедоступный.
6. Портал по параллельным вычислениям НИВЦ МГУ; URL: <http://www.parallel.ru> (дата обращения: 15.02.2024). — Режим доступа: общедоступный.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В данном курсе применяется классическая модель обучения, реализуемая в очном или удаленном (через Интернет) режимах. Преподаватель читает лекции, используя слайды, приводя примеры на доске или на специальном интернет-ресурсе. Студенты могут задавать вопросы во время изложения материала.

Основной формой активных и интерактивных форм проведения занятий в данном курсе являются обсуждения на лекционных, практических и лабораторных занятиях вопросов теории, предлагаемых (студентами, преподавателем) методов решения задач с анализом возможных или возникающих ошибок в решениях.

Обсуждение идет со всей группой. Преподаватель является организатором обсуждения, может заострить внимание на необходимость обсуждения некоторых вопросов, наличие ошибок, помогает выделить в выдвигаемых студентами гипотезах, утверждениях верные идеи. Каждый студент может выдвинуть гипотезу, решение, а также критически их оценить.

Типовой сценарий лекционного занятия включает в себя, как правило, следующие этапы:

1. Изложение лекционного материала преподавателем.
2. Обсуждение лекционного материала студентами и преподавателем.
3. Подведение итогов, обобщение и систематизация.

Типовой сценарий практического (семинарского) занятия включает в себя, как правило, следующие этапы:

1. Изложение преподавателем постановки и методов решения практической задачи, представление типовых программ.
2. Анализ и тестирование студентами типовых программ.
3. Обсуждение эффективности предложенного программного решения.
4. Подведение итогов, обобщение и систематизация.

Типовой сценарий лабораторного занятия включает в себя, как правило, следующие этапы:

1. Изложение преподавателем постановки задачи, возможных численных методов ее решения, возможных программных реализаций.
2. Обсуждение деталей лабораторного задания.
3. Подведение итогов, выработка рекомендаций к выполнению лабораторного задания.

Контроль за усвоением материала производится на основе анализа выполнения учащимися лабораторных работ.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс Института Прикладной Математики им. М.В. Келдыша РАН	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступа к учебному кластеру ИПМ им. М.В. Келдыша РАН	1. Компилятор Intel Parallel Studio XE Professional Edition for C++ Linux 2. Средство параллельного программирования Intel MPI Library for Linux
Помещение для самостоятельной работы обучающихся Института Прикладной Математики им. М.В. Келдыша РАН	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступа к учебному кластеру ИПМ им. М.В. Келдыша РАН	1. Компилятор Intel Parallel Studio XE Professional Edition for C++ Linux 2. Средство параллельного программирования Intel MPI Library for Linux 3. SSH-клиент putty (свободно распространяемое ПО)

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-2.ПарВыч. Способность применять существующие программные среды и разрабатывать собственные параллельные программные средства для решения прикладных задач методами математического и компьютерного моделирования.

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Лекции, практические занятия и лабораторные работы проводятся контактно (в очном или удаленном режиме) в соответствии с расписанием. Посещение занятий

обязательно. Дополнительной формой работы являются консультации, их посещать необязательно.

В период изучения дисциплины студентам предоставляется в электронном виде учебные материалы лекций, задания для лабораторных работ, а также «Методические рекомендации студентам по изучению дисциплины». Материалы размещаются по адресу <http://polyakov.imamod.ru/arc/stud/index21.html>.

Важное значение придается соблюдению сроков сдачи контрольных мероприятий. Задержка в сдаче приводит к уменьшению числа баллов, начисляемых за выполнение, вплоть до полной их потери. Выполнение текущих лабораторных работ рассматривается как проявление активности студента при обучении и соответственно отражается в структуре контрольных мероприятий.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме от 0 до 46 баллов), активность в семестре (в сумме от 0 до 4 баллов) и сдача экзамена (от 0 до 50 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

РАЗРАБОТЧИК:

Профессор каф. ММ, д.ф.-м.н.  /Поляков С.В./

Рабочая программа дисциплины «Параллельные вычисления» по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», направленность (профиль) «Компьютерная математика и анализ данных», разработана на кафедре ВМ-1 и утверждена на заседании кафедры 25.03 2024 года, протокол № 8.

Заведующий кафедрой ВМ-1  / А.А. Прокофьев /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК  / И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки  / Т.П. Филиппова /