

**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:	Многопоточные вычисления на основе технологий MPI и OpenMP
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Суперкомпьютерное моделирование ядерных процессов и технологий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра информатики и вычислительной математики
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 30 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Н.И. Хохлов, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры информатики и вычислительной математики 06.02.2020

Аннотация

В курсе будет рассмотрена архитектура вычислительных систем с разделяемой памятью, история суперкомпьютеров, история и стандарты MPI, существующие реализации MPI. Будут изучены вычислительные системы с общей памятью, стандарт OpenMP. Студенты познакомятся с поддержкой современными компиляторами данного стандарта и особенности компиляции и запуска программ.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

формирование у студентов знаний в области многопоточных вычислений на основе технологий MPI и OpenMP.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний (понятий, концепций, методов) в области много-поточного программирования;
- формирование представления о технологиях MPI и OpenMP.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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
	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ Основы параллельного программирования;
- ☐ Устройство современных высокопроизводительных систем;
- ☐ Архитектуру библиотек MPI и OpenMP.

уметь:

- ☐ понять поставленную задачу;
- ☐ работать на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ разрабатывать код программ, реализующий параллельные алгоритмы, выбирая адекватные средства синхронизации и атомарные операции платформы;
- ☐ отлаживать программы, исполняющиеся в параллельном окружении на современных аппаратных средствах, используя все технические возможности.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ Техническими средствами разработки программ, исполняющихся в параллельном окружении;
- ☐ Библиотеками MPI и OpenMP, использующимися при разработке программ, и понимать их применимость к задачам;
- ☐ навыками самостоятельной работы при разработке и отладке параллельных программ;
- ☐ математическим моделированием процесса исполнения алгоритмов на разделяемой и общей памяти.

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	Введение в курс. Основы MPI. Компиляция и запуск программ.	1		3	5
2	Виды коммуникаций. Коммуникации типа точка-точка.	1		3	5
3	Распараллеливание сеточных методов.	1		3	5
4	Групповые коммуникации.	1		3	5
5	Распределенные операции с матрицами и векторами.	1		3	5
6	Собственные типы MPI.	1		3	5
7	Группы и коммутаторы. Виртуальные топологии.	1		3	2
8	Введение в MPI-2.	2		3	2
9	Введение в OpenMP	2		2	3
10	Основы OpenMP	2		2	4
11	Параллельное выполнение циклов, параллельные секции, синхронизация потоков.	2		2	4
Итого часов		15		30	45
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 7 (Осенний)

1. Введение в курс. Основы MPI. Компиляция и запуск программ.

Архитектура вычислительных систем с разделяемой памятью. История суперкомпьютеров. Кластера типа Beowolf. Устройства кластера и основные его компоненты. Высокоскоростные сети. История и стандарты MPI. Существующие реализации MPI. Основные понятия о процессах в MPI. Адресация процессов.

2. Виды коммуникаций. Коммуникации типа точка-точка.

Типы коммуникаций в MPI. Коммуникации типа точка-точка. Блокирующие и неблокирующие коммуникации. Особенности использования буфера библиотекой MPI. Очередность получения и передачи сообщений процессорами

3. Распараллеливание сеточных методов.

Основные алгоритмы распараллеливания сеточных методов решения PDE. Структурные и неструктурные сетки. Пакеты для деления неструктурных сеток. Распараллеливание на структурных сетках на примере уравнение теплопроводности в двумерном случае.

4. Групповые коммуникации.

Введение в групповые коммуникации в MPI. Особенности работы групповых коммуникаций. Типы групповых сообщений: синхронизация, сбор и передача данных, коллективные вычисления. Отличия и сходства в вызовах и работе с коммуникациями типа точка-точка. Взаимодействия процессов при групповых коммуникациях.

5. Распределенные операции с матрицами и векторами.

Алгоритмы распределенных операций над матрицами и векторами. Разбор примера решения СЛАУ методом сопряженных градиентов в MPI. Особенности работы с разреженными матрицами.

6. Собственные типы MPI.

Понятие о типе данных. Виды типов данных в MPI. Создание своих типов. Разбор примеров. Оптимизация распараллеливания задачи теплопроводности используя собственные типы.

7. Группы и коммутаторы. Виртуальные топологии.

Понятия о группах, коммутаторах и топологиях.

8. Введение в MPI-2.

Основные новшества в MPI-2. Динамическое порождение и уничтожение процессов. Параллельная работа с файлами.

9. Введение в OpenMP

Вычислительные системы с общей памятью. Стандарт OpenMP. Сравнение со стандартными реализациями потоков (POSIX Threads, WinAPI и другие реализации). Поддержка современными компиляторами. Особенности компиляции и запуска программ. Модель программирования OpenMP.

10. Основы OpenMP

Директивы PRAGMA и функции исполняющей среды OpenMP. Разбор простого примера «Hello World». Основные принципы программирования в OpenMP. Основные правила применения директив OpenMP, используемых для описания данных и организации параллельных вычислений. Вопросы видимости данных и корректности доступа к данным.

11. Параллельное выполнение циклов, параллельные секции, синхронизация потоков.

Методы распараллеливания циклов и контроля распределения работы между процессорами. Статическое и динамическое распределение итераций между потоками. Способы балансировки работы процессоров с помощью директив OpenMP. Задание внешних переменных окружения с помощью функций OpenMP. Параллельные секции. Синхронизация параллельных потоков.

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

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Сеточно - характеристические численные методы [Текст] / К.М.Магомедов, А. С. Холодов ; отв. ред. О. М. Белоцерковский ; Акад. наук СССР, Вычислительный центр АН СССР .— М. : Наука, 1988 .— 288 с.
2. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. В. Боресков [и др.] ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова .— М. : Изд-во Моск. ун-та, 2012 .— 336 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.

Дополнительная литература

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

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)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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.

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;
- решение задач, предлагаемых студентам и в качестве курсового задания,
- подготовку к занятиям, дифференцированному зачёту.

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

Показателем владения материалом служит умение решать задачи.

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.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Суперкомпьютерное моделирование ядерных процессов и технологий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра информатики и вычислительной математики
курс:	<u>4</u>
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Н.И. Хохлов, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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
	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Многопоточные вычисления на основе технологий MPI и OpenMP» обучающийся должен:

знать:

- ☐ Основы параллельного программирования;
- ☐ Устройство современных высокопроизводительных систем;
- ☐ Архитектуру библиотек MPI и OpenMP.

уметь:

- ☐ понять поставленную задачу;
- ☐ работать на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ разрабатывать код программ, реализующий параллельные алгоритмы, выбирая адекватные средства синхронизации и атомарные операции платформы;
- ☐ отлаживать программы, исполняющиеся в параллельном окружении на современных аппаратных средствах, используя все технические возможности.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ Техническими средствами разработки программ, исполняющихся в параллельном окружении;
- ☐ Библиотеками MPI и OpenMP, использующимися при разработке программ, и понимать их применимость к задачам;
- ☐ навыками самостоятельной работы при разработке и отладке параллельных программ;
- ☐ математическим моделированием процесса исполнения алгоритмов на разделяемой и общей памяти.

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

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

Промежуточная аттестация по осуществляется в форме дифференцированного зачета.

Зачет проводится на основе итогов текущей успеваемости и сдачи заданий.

Задания:

- Клеточные автоматы типа «Жизнь».
- Клеточные автоматы Кохомото-Ооно.
- Решение простых двумерных сеточных итерационных зад

4. Критерии оценивания

Оценка	Баллы	Критерии
отлично	10	Все посещения, все задания с дополнениями, активная работа на семинарах
	9	Все посещения, все задания и дополнения
	8	Все посещения, все задания
хорошо	7	Все посещения, не сделано одно задание
	6	Часть посещений, не сделано одно задание
	5	Часть посещений, не сделано одно задание
удовлетворительно	4	Часть посещений, одно задание
	3	Часть посещений, одно задание
неудовлетворительно	2	Часть посещений, ни одного задания
	1	Часть посещений, ни одного задания

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

Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой.

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