

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

01.04.02 Прикладная математика и информатика

(указываются код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность программы (профиль)

магистратура «Математические модели в междисциплинарных исследованиях»

(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))

1. Цели и задачи дисциплины:

Изучить основы параллельного программирования, и особенности алгоритмизации задач связанных с параллельным программированием. Систематизация знаний о методах и алгоритмах параллельного программирования, моделях параллельных вычислений.

Изучить и закрепить методы и способы распараллеливания и построения параллельных программ. Исследовать и реализовать набор параллельных алгоритмов для стандартных типовых задач

Реализация указанной цели включает последовательное изложение теоретического материала на лекциях, отработку приемов решения задач на практических занятиях; промежуточный и итоговый контроль выявляют степень усвоения полученных навыков.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

Математический и естественнонаучный цикл Б.1.В2, Вариативная часть

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общепрофессиональные компетенции			
1	ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	-	Междисциплинарный экзамен, Нейронные сети, Математические модели в экономике и экологии, История математики и методология науки
2	ОПК-3. Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	-	Междисциплинарный экзамен, Нейронные сети, Математические модели в экономике и экологии, История математики и методология науки, Вычислительные методы в дифференциальной геометрии и топологии
Профессиональные компетенции			
1	ПК.8. способностью разрабатывать корпоративные стандарты и профили функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры	-	Междисциплинарный экзамен

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: определение алгоритма (по Мальцеву), представление алгоритма, общее представление параллельного алгоритма, методы параллельного программирования с разделяемыми переменными, синхронизацию процессов через доступ к общим ресурсам, понятие о критических интервалах, семафорах, программирование параллельных алгоритмов с помощью критических интервалов и семафоров, методы распределенного параллельного программирования, синхронизацию процессов, взаимодействие распределенных процессов, модели асинхронных вычислений: Э.Дейкстры и Ч.Хоара, что такое ускорение и эффективность параллельных программ. Закон Амдала, основы нейронных сетей, системы параллельного программирования MPI, OpenMP, Intel PVB, CUDA, OpenCL.

Уметь: создавать параллельные программы для алгоритмов матричных задач параллельное умножение матрицы на вектор и матрицы на матрицу несколькими способами, создавать параллельные программы для задач решения систем линейных уравнений, создавать параллельные программы для задач сортировок разными методами, создавать параллельные программы для алгоритмов матричных задач на вычислительных системах с топологией двух и трех мерных решеток, создавать параллельные программы для задач, решаемых сеточными методами, создавать параллельные программы, реализующие многослойные нейронные сети.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)		27			
В том числе:					
Лекции		9			
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)		18			
Лабораторные работы (ЛР)					
Самостоятельная работа (всего)		81			
В том числе:					
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>		54			

Промежуточная аттестация		27			
Общая трудоемкость	час	108			
	зач. Ед.	3			

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

Название разделов (тем) дисциплины	Краткое содержание разделов (тем) дисциплины:
Высокопроизводительные вычисление: основные понятия	Проблемы больших задач. Примеры. Принципы построения параллельных вычислительных систем. Анализ сложности вычислений и оценка возможности распараллеливания. Архитектура параллельных вычислительных систем.
Принципы разработки параллельных методов	Механизм передачи данных. Анализ трудоемкости. Представление топологии коммуникационной среды. Оценка трудоемкости для передачи данных для кластерных систем. Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов.
Моделирование параллельных программ	Этапы разработки параллельных алгоритмов. Графовые модели программ. Графы зависимостей и минимальные графы. Простые и элементарные графы. Построение минимальных графов зависимостей. Эквивалентные преобразования программ. Наиболее распространенные преобразования программ. Развертка графов. Макрограффы и укрупненное представление зависимостей.
Параллельные алгоритмы	Параллельные методы умножения матрицы на вектор, методы матричного умножения, решение систем линейных уравнений. Параллельные методы сортировки. Параллельные методы на графах. Параллельные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. Нейронные сети.
Программирование высокопроизводительных вычислений.	Параллельное программирование с использованием технологии MPI. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP. Параллельное программирование с использованием технологии CUDA. Параллельное программирование с использованием математических пакетов.

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практические занятия
---	---------------------------------	-------	----------------------

п/п			ИЗ/С	ЛР	из них в ИФ
1	Высокопроизводительные вычисление: основные понятия	1	2		
2	Принципы разработки параллельных методов	2	4		
3	Моделирование параллельных программ	2	4		
4	Параллельные алгоритмы	2	4		
5	Программирование высокопроизводительных вычислений.	2	4		

5. Лабораторный практикум – не предусмотрен

6. Практические занятия (семинары)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	ПЗ
1.	Высокопроизводительные вычисление основные понятия.	2
2.	Принципы разработки параллельных методов	4
3.	Моделирование параллельных программ.	4
4	Параллельные алгоритмы	4
5	Программирование высокопроизводительных вычислений.	4

7. Курсовые работы – не предусмотрены.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

Илья Федотов «Модели параллельного программирования» 2012 Солон-Пресс.

Валентин Воеводин «Параллельные вычисления» ВHV 2004

Александр Старченко, Евгений Данилкин, Валентина Николаева, Сергей Проханов Практикум по методам параллельных вычислений издательство МГУ 2010

Джейсон Сандерс, Эдвард Кэндрот. «Технология CUDA в примерах. Введение в программирование графических процессоров» ДМК Пресс 2015

б) дополнительная литература:

1. Snir M., Otto S. W., Huss-Lederman S., Walker D., and Dongarra J.. MPI: The Complete Reference. MIT Press. Boston, 1996. 2. В.Э.Мальшкин, В.А..Вшивков, М.А.Краева. О реализации метода частиц на мультипроцессорах. – Новосибирск, 1995. – 37 с. – (Препринт / РАН. Сиб. отд-ние. ВЦ; 1052). 3. Евреинов Э.В., Косарев Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. – Новосибирск: Наука, 1966. – 308 с. 4. Миренков Н.Н. Параллельное программирование для многомодульных вычислительных систем. – Москва: Радио и связь, 1989. – 320 с. 5. Мальшкин В.Э. Линеаризация массовых вычислений. //Системная информатика / Под ред. В.Е.Котова. – Новосибирск: Наука. – 1991, №1. – С. 229–259. 6. Корнеев В.Д. Система и методы программирования мультикомпьютеров на примере вычислительного комплекса PowrXplorer. – Новосибирск, 1998. – 56 с. – (Препринт /

РАН. Сиб. отд-ние. ИВМиМГ; 1123) 7. Корнеев В.Д. Параллельные алгоритмы решения задач линейной алгебры – Новосибирск, 1998. – 27 с. – (Препринт / РАН. Сиб. отд-ние. ИВМиМГ; 1124) 8. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. - 220 с. 9. Дейкстра Э. Дисциплина программирования: Пер. с англ. – М.:Мир,1978 –247 с. 10. Петерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. – М.:Мир,1984 –264 с. 11. Джоунз Г. Программирование на языке Оккам: Пер. с англ. – М.:Мир,1989 –208 12. Кук С. Матричные процессоры на СБИС: Пер. с англ. –М.:Мир,1991 –672 с. 13. В.Е. Котов. Сети Петри. Наука, Сибирское отделение, 1991. 14. Корнеев В.Д. Краткое руководство по параллельному программированию на вычислительной системе POWERXPLORER. – Новосибирск, 1997. – (Методическое пособие, Изд-во НГТУ; 1521) – 72 с. 15. Малышкин В.Э. Основы параллельных вычислений. – Новосибирск, 1999. – (Методическое пособие, Изд-во НГТУ;) – 55 с.

Вся литература есть в библиотеке РУДН и в электронном виде на кафедре.

Программное обеспечение – Windows, Microsoft Office, Qt, TeX, WinEdt.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы – Yandex, Google, MathNet.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

учебная аудитория для проведения семинарских занятий, аудитория для чтения лекций, ноутбук - 1шт., проектор - 1шт., экран - 1шт., ксерокс - 1 шт., принтер - 1шт., сканер - 1 шт. Компьютерный класс с установленным ПО (Windows, Qt)

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

Курс изучается в форме лекций и практических занятий. Базой для данного курса является курс численных методов, методов математической физики, и алгоритмические языки и программирование. За семестр проводятся практические занятия в компьютерном классе, результаты которых учитываются при выставлении оценок, и один коллоквиум. На коллоквиуме требуется знание основных понятий и определений. Итоговый контроль знаний предполагает более углублённое знание и понимание теории численных методов и их приложения для высокопроизводительных вычислений.

Разработчик:

Старший преподаватель
Математического института



Н.П. Аносова

Руководитель программы:
Директор Математического института



А.Л.Скубачевский

Приложение 1.
(обязательное)

Математический институт им. С.М. Никольского
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН
на заседании института
«__» _____ 20__ г., протокол №__
Директор института
_____ А.Л. Скубачевский
(подпись)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики
(наименование дисциплины)

01.04.02 «Прикладная математика и информатика»_

_____ магистр
Квалификация (степень) выпускника

Сводная оценочная таблица дисциплины

Раздел	Тема	Формы контроля уровня освоения ООП				Баллы темы	Баллы раздела
		Проверочная работа	Практика	Опрос	Экзамен		
Параллельные алгоритмы.	Параллельные методы умножения матрицы на вектор, методы матричного умножения, решение систем линейных уравнений.	2	3	2	5	12	48
	Параллельные методы сортировки	2	3	2	5	12	
	Параллельные методы на графах	2	3	2	5	12	
	Параллельные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных	2	3	2	5	12	
Нейронные сети	Многослойные персептрон.	2	3	1	5	9	26
	RBF-сети	2	3	1	5	9	
	Рекуррентные сети		3		5	8	
Программирование	Параллельное программирование		3		5	8	

Высокопроизводительных вычислений.	использование технологий MPI						24
	Параллельное программирование с использованием технологий OpenMP и Intel PWB.		3		5	8	
	Параллельное программирование с использованием технологий CUDA и openCL		3		5	8	
Использование математических пакетов	Использование Python для параллельных вычислений					2	2
Итого		10	30	10	50		100

Комплект экзаменационных билетов

по дисциплине «Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики» (НИ, магистратура)

Дисциплина Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики
(наименование дисциплины)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Способы повышения производительности при решении задач математической физики.
2. Графовые модели программ
3. Представление программ в ярусно-параллельной форме.

Дисциплина Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики
(наименование дисциплины)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Виды распараллеливания
2. Конечные автоматы и их применение для оптимизации вычислений
3. Параллельные методы матричного умножения

Дисциплина Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики
(наименование дисциплины)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Анализ сложности вычислений и оценка возможности распараллеливания.
2. Вычисления на CPU и GPU. Области и методы применяя.
3. Параллельные методы решение систем линейных уравнений

Дисциплина Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики
(наименование дисциплины)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Распараллеливание и оптимизация алгоритмом.
2. Построение минимальных графов зависимостей.
3. Параллельное программирование с использованием технологии MPI

Примерный перечень оценочных средств
по дисциплине «Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики»

12.1. Перечень оценочных средств

п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i>Аудиторная работа</i>			
	Опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу или теме.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	База тестовых заданий
	Зачет	Форма проверки качества выполнения студентами лабораторных работ, усвоения учебного материала и выполнения в процессе обучения всех учебных поручений в соответствии с утвержденной программой.	Комплект экзаменационных билетов
<i>Самостоятельная работа</i>			
	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы,	Темы рефератов

		приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Возможна защита реферата в форме доклада.	
--	--	--	--

Комплект вопросов для опроса и вопросов для теста по разделам дисциплины по дисциплине «Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики»

- 1 Программирование высокопроизводительных вычислений, основные принципы и приемы.
- 2 Анализ сложности вычислений и оценка возможности распараллеливания.
- 3 Распараллеливание и оптимизация алгоритмом.
- 4 Параллелизм на уровне инструкций.
- 5 Параллелизм на уровне данных.
- 6 Вычисления на CPU и GPU.
- 7 Многоядерные и мультипроцессорные системы, вычислительные кластеры.
- 8 Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP
- 9 Архитектура параллельных вычислительных систем.
- 10 Графовые модели программ
- 11 Графы зависимостей и минимальные графы.
- 12 Простые и элементарные графы
- 13 Построение минимальных графов зависимостей
- 14 Эквивалентные преобразования программ.
- 15 Наиболее распространенные преобразования программ.
- 16 Операционные системы распределенных вычислительных систем.
- 17 Параллельное программирование с использованием технологии MPI
- 18 Параллельное программирование с использованием технологии CUDA
- 19 Механизм передачи данных
- 20 Представление топологии коммуникационной среды.
- 21 Оценка трудоемкости для передачи данных для кластерных системах.
- 22 Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов
- 23 Параллельное программирование с использованием математических пакетов.
- 24 Представление программ в ярусно-параллельной форме.
- 25 Сети конечных автоматов
- 26 Модель актеров: функционирование и развитие системы
- 27 Параллельные методы умножения матрицы на вектор
- 28 Параллельные методы матричного умножения
- 29 Решение систем линейных уравнений
- 30 Параллельные методы сортировки
- 31 Параллельные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных
- 32 Параллельные методы на графах

Критерии оценки

Итоговая оценка выставляется по сумме набранных баллов за лабораторные работы ответы на занятиях и активная работа на занятиях, выполнение домашних работ. Для учащихся, которые набрали от 31 до 50 баллов, проводится экзамен (зачет), в рамках которого за ответы на вопросы билетов учащиеся могут набрать недостающее до зачета (51) число баллов.

95-100 баллов:

- полное выполнение лабораторных работ;
- активное участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- умение эффективно использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать поставленные задачи;
- полная самостоятельность и творческий подход при изложении материала по программе дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины и преподавателем.

86- 94 балла:

- полное выполнение лабораторных работ;
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- умение эффективно использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать поставленные задачи в нестандартных производственных ситуациях;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины и преподавателем.

69-85 баллов:

- частичное выполнение лабораторных работ;
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- умение использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины.

51-68 баллов:

- частичное выполнение лабораторных работ;
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- удовлетворительное умение использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- удовлетворительное усвоение основной литературы;

31 - 50 баллов – НЕ ЗАЧТЕНО:

- частичное выполнение лабораторных работ;
- недостаточно полный объем навыков и компетенции в рамках программы дисциплины;
- неумение использовать в практической деятельности научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными стилистическими и логическими ошибками;
- слабое умение использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- удовлетворительное усвоение основной литературы.

0-30 баллов, НЕ ЗАЧТЕНО:

- отсутствие умений, навыков, знаний и компетенции в рамках программы дисциплины;
- невыполнение лабораторных заданий; отказ от ответа по программе дисциплины;
- игнорирование занятий по дисциплине по неуважительной причине.

Таблица соответствия баллов и оценок

Баллы БРС	Традиционные оценки РФ	Оценки ECTS
95 – 100	5	A
86 – 94		B
69 – 85	4	C
61 – 68	3	D
51 – 60		E
31 – 50	2	FX
0 – 30		F
	Зачет	Passed

Правила применения БРС

1. Раздел (тема) учебной дисциплины считаются освоенными, если студент набрал более 50 % от возможного числа баллов по этому разделу (теме).
2. Студент не может быть аттестован по дисциплине, если он не освоил все темы и разделы дисциплины, указанные в сводной оценочной таблице дисциплины.
3. По решению преподавателя и с согласия студентов, не освоивших отдельные разделы (темы) изучаемой дисциплины, в течение учебного семестра могут быть повторно проведены мероприятия текущего контроля успеваемости или выданы дополнительные учебные задания по этим темам или разделам. При этом студентам за данную работу засчитывается минимально возможный положительный балл (51 % от максимального балла).
4. При выполнении студентом дополнительных учебных заданий или повторного прохождения мероприятий текущего контроля полученные им баллы засчитываются за конкретные темы. Итоговая сумма баллов не может превышать максимального количества баллов, установленного по данным темам (в соответствии с приказом Ректора № 564 от 20.06.2013). По решению преподавателя предыдущие баллы, полученные студентом по учебным заданиям, могут быть аннулированы.
5. График проведения мероприятий текущего контроля успеваемости формируется в соответствии с календарным планом курса. Студенты обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.
6. Время, которое отводится студенту на выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости, устанавливается преподавателем. По завершении отведенного времени студент должен сдать работу преподавателю, вне зависимости от того, завершена она или нет.

7. Использование источников (в том числе конспектов лекций и лабораторных работ) во время выполнения контрольных мероприятий возможно только с разрешения преподавателя.
8. Отсрочка в прохождении мероприятий текущего контроля успеваемости считается уважительной только в случае болезни студента, что подтверждается наличием у него медицинской справки, заверенной круглой печатью в поликлинике № 25, предоставляемой преподавателю не позднее двух недель после выздоровления. В этом случае выполнение контрольных мероприятий осуществляется после выздоровления студента в срок, назначенный преподавателем. В противном случае, отсутствие студента на контрольном мероприятии признается не уважительным.
9. Студент допускается к итоговому контролю знаний с любым количеством баллов, набранных в семестре, но при условии, что у студента имеется теоретическая возможность получить за весь курс не менее 31 балла.
10. Итоговая контроль знаний оценивается из 20 баллов независимо от числа баллов за семестр.
11. Если в итоге за семестр студент получил менее 31 балла, то ему выставляется оценка F и студент должен повторить эту дисциплину в установленном порядке. Если же в итоге студент получил 31-50 баллов, т. е. FX, то студенту разрешается добор необходимого (до 51) количества баллов путем повторного однократного выполнения предусмотренных контрольных мероприятий, при этом по усмотрению преподавателя аннулируются соответствующие предыдущие результаты. Ликвидация задолженностей проводится в период с 07.02 по 28.02 (с 07.09 по 28.09) по согласованию с деканатом.