Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ А.Л.Толстик

« 13 » июня 2013 г.

Регистрационный № УД-504/баз.

СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальностей:
1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность)
1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий
1-31 04 08 Компьютерная физика

2013

СОСТАВИТЕЛЬ:
С.В.Баханович – старший научный сотрудник Института математики НАН РБ, кандидат физико-математических наук**.**
А.В. Жерело – доцент кафедры компьютерного моделирования Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук**.**
Г.Г. Крылов – доцент кафедры компьютерного моделирования Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук**.**

РЕЦЕНЗЕНТЫ:
Л.Ф. Бабичев — ведущий научный сотрудник лаборатории физики сильных взаимодействий ОЭИЯИ – «Сосны» НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук;
Н.Н. Дорожкин — доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико–математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:
Кафедрой компьютерного моделирования физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 14 от 28 мая 2013);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол №12 от 13 июня 2013);

Ответственный за редакцию С.В. Баханович к.ф.-м.н.,
Ответственный за выпуск: С.В. Баханович к.ф.-м.н.,

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Современный уровень подготовки специалистов по компьютерному моделированию физических процессов обязан обеспечиваться хорошим знанием как основных концепций и методов моделирования в данной предметной области, так и свободным владением новейшими инструментальными методами и средствами разработки сложных информационных систем. Последнее с необходимостью диктует изучение принципов построения суперкомпьютерных систем и технологий параллельного проектирования и программирования. Специальный курс, посвященный введению в данную предметную область, вынесен в девятый семестр обучения и является, наряду с курсом «математическое обеспечение ПЭВМ», системно-образующим курсом при дальнейшем изучении специальных курсов, связанных с информационными технологиями, читаемых на кафедре.

Материал курса частично основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в общем курсе программирования и математического моделирования.

Программа курса рассчитана на 152 часа (в том числе лекции – 28 часов, лабораторных работ – 36 часов, контролируемая самостоятельная работа – 8 часов). Форма отчётности — экзамен.

Общее количество часов – 152; аудиторное количество часов — 72, из них: лекции — 28, лабораторных работ — 36, контролируемая самостоятельная работа — 8. Форма отчётности — экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Параллельные вычислительные системы. Архитектура и технологии программирования (2 часа).

Классификация параллельных вычислительных систем. Векторно-конвейерные компьютеры. Параллельные компьютеры с общей памятью. Системы с распределенной памятью. GRID-вычисления. Парадигмы параллельного программирования. Парадигма программирования с разделяемой памятью. Парадигма программирования с передачей данных. Средства параллельного программирования. Производительность суперкомпьютеров. Пиковая и реальная производительность. Эффективность и ускорение параллельных приложений. Закон Амдала.

2. Многозадачные и многопоточные приложения (4 часа)

Управление процессами. Синхронизация и взаимодействие процессов. Разделяемая память, семафоры, события, очереди сообщений. Управление задачами. Синхронизация и взаимодействие задач. Объекты синхронизации типа mutex, condvar.

3. Вычислительные системы с распределенной памятью (2 часа)

Основы построения вычислительных систем с распределенной памятью. Архитектура кластера. Управляющие и вычислительные узлы. Сетевой интерфейс. Коммуникационная среда. Память. Операционная система Linux.

4. Система программирования MPI (2 часа)

Технология MPI. SPMD-модель программирования. Процесс и его атрибуты. Взаимодействие и синхронизация процессов. Общие функции MPI. Инициализация и завершение параллельной программы. Идентификация процесса. Реализации стандарта MPI. MPICH и OpenMPI.

5. Передача и прием данных между отдельными процессами (2 часа)

Передача и прием сообщений с блокировкой. Атрибуты сообщения. Базовые типы данных. Статус сообщений. Режимы передачи сообщений. Создание и использование буфера. Передача и прием сообщений без блокировки. Функции контроля неблокирующих коммуникаций. Тупиковые ситуации.

6. Виртуальная топология. Коммуникаторы (2 часа).

Группы процессов. Создание и уничтожение групп. Операции с группами процессов. Коммуникаторы. Создание и уничтожение коммуникаторов. Операции с коммуникаторами. Виртуальные топологии. Декартова топология. Графовая топология.

7. Типы данных. Пользовательские типы (2 часа).

Создание пользовательских типов данных. Конструкторы типов. Использование пользовательских типов в коммуникациях.

8. Коллективные операции обмена данными (2 часа).

Барьерная синхронизация. Широковещательный обмен. Сбор данных. Рассылка данных. Сборка и рассылка данных по схеме “каждый с каждым”. Операции редукции.

9. Ввод-вывод данных (2 часа).

Организация вывода консольных сообщений в многозадачных системах. Работа с файлами прямого доступа. Методы построения систем платформенно-независимого хранения данных.

10. Параллельные алгоритмы линейной алгебры (4 часа).

Матричные задачи. Параллельные алгоритмы умножения матриц. Умножение матрицы на вектор. Параллельные алгоритмы решения СЛАУ. Метод Гаусса-Зейделя. Алгоритмы сортировки данных.

11. Параллельные алгоритмы математического моделирования (4 часа).

Решение дифференциальных уравнений в частных производных. Схема чередования обработки четных и нечетных строк для задач эллиптического типа. Параллельная реализация явных разностных схем для локально параболических и гиперболических задач. Неявные разностные схемы. Параллельная реализация экономичных разностных схем.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	управляемая самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	**Параллельные вычислительные системы. Архитектура и технологии программирования**	**2**						
1.1	Классификация параллельных вычислительных систем. Векторно-конвейерные компьютеры. Параллельные компьютеры с общей памятью. Системы с распределенной памятью. GRID-вычисления. Парадигмы параллельного программирования. Парадигма программирования с разделяемой памятью. Парадигма программирования с передачей данных. Средства параллельного программирования. Производительность суперкомпьютеров. Пиковая и реальная производительность. Эффективность и ускорение параллельных приложений. Закон Амдала.	2				Цифровой проектор, УМК	[1]	
2	**Многозадачные и многопоточные приложения**	**4**			**2**			
2.1.	Управление процессами. Синхронизация и взаимодействие процессов. Разделяемая память, семафоры, события, очереди сообщений.	2		**4**		Цифровой проектор, УМК	[2]	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.2	Управление задачами. Синхронизация и взаимодействие задач. Объекты синхронизации типа mutex, condvar.	2		4		Цифровой проектор, УМК	[2]	
3	**Вычислительные системы с распределенной памятью**	**2**						
3.1	Основы построения вычислительных систем с распределенной памятью. Архитектура кластера. Управляющие и вычислительные узлы. Сетевой интерфейс. Коммуникационная среда. Память. Операционная система Linux.	2				Цифровой проектор, УМК	[1]	
4.	**Система программирования MPI**	**2**			**2**			
4.1	Технология MPI. SPMD-модель программирования. Процесс и его атрибуты. Взаимодействие и синхронизация процессов. Общие функции MPI. Инициализация и завершение параллельной программы. Идентификация процесса. Реализации стандарта MPI. MPICH и OpenMPI.	2		4		Цифровой проектор, УМК	[1] [3] [4]	
5	**Передача и прием данных между отдельными процессами**	**2**			**2**			
5.1	Передача и прием сообщений с блокировкой. Атрибуты сообщения. Базовые типы данных. Статус сообщений. Режимы передачи сообщений. Создание и использование буфера. Передача и прием сообщений без блокировки. Функции контроля неблокирующих коммуникаций. Тупиковые ситуации.	2		4		Цифровой проектор, УМК	[3] [4]	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	**Виртуальная топология. Коммуникаторы**	**2**						
6.1	Группы процессов. Создание и уничтожение групп. Операции с группами процессов. Коммуникаторы. Создание и уничтожение коммуникаторов. Операции с коммуникаторами. Виртуальные топологии. Декартова топология. Топология графа.	2				Цифровой проектор, УМК	[3] [4]	
7	**Типы данных. Пользовательские типы**	**2**						
7.1	Создание пользовательских типов данных. Конструкторы типов. Использование пользовательских типов в коммуникациях.	2				Цифровой проектор, УМК	[3] [4]	
8	**Коллективные операции обмена данными**	**2**						
8.1	Барьерная синхронизация. Широковещательный обмен. Сбор данных. Рассылка данных. Сборка и рассылка данных по схеме “каждый с каждым”. Операции редукции.	2		4		Цифровой проектор, УМК	[3] [4]	
9	**Ввод-вывод данных**	**2**						
9.1	Организация вывода консольных сообщений в многозадачных системах. Работа с файлами прямого доступа. Методы построения систем платформенно-независимого хранения данных	2				Цифровой проектор, УМК		
10	**Параллельные алгоритмы линейной алгебры**	**4**						
10.1	Матричные задачи. Параллельные алгоритмы умножения матриц. Умножение матрицы на вектор.	2		4		Цифровой проектор, УМК	[4]	
10.2	Параллельные алгоритмы решения СЛАУ. Метод Гаусса-Зейделя. Алгоритмы сортировки данных.	2		4		Цифровой проектор, УМК	[4]	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	**Параллельные алгоритмы математического моделирования**	**4**			**2**			
11.1	Решение дифференциальных уравнений в частных производных. Схема чередования обработки четных и нечетных строк для задач эллиптического типа.	2		4		Цифровой проектор, УМК	[4]	
11.2	Параллельная реализация явных разностных схем для локально параболических и гиперболических задач. Неявные разностные схемы. Параллельная реализация экономичных разностных схем	2		**4**		Цифровой проектор, УМК	[4]	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Формы контроля знаний

1. Индивидуальные задания в форме программных проектов

Темы для самостоятельной работы (проекты)

1. Исследование имеханизмов управления процессами в многопоточных приложениях.
2. Работа с основными функциями MPI. Компиляция, запуск и отладка параллельных приложений.
3. Исследование режимов передачи сообщений
4. Распределение данных, статическая и динамическая балансировка вычислительных узлов.

Примерные темы для лабораторных работ

1. Моделирование ветвящихся процессов
2. Взаимодействие и синхронизация задач в системах с общей памятью
3. Элементарные задачи на параллелизм в системе MPI
4. Моделирование систем взаимодействующих частиц
5. Параллельные алгоритмы вычисления интегралов
6. Решение задач линейной алгебры с использованием библиотек BLACS и SCALARPACK
7. Блочное умножение матриц
8. Явные параллельные методы для задачи теплопроводности
9. Распространение волн в 2D системах

Рекомендуемая литература

Основная

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002г. 608 с.
2. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 342 с.
3. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI. М.: Изд-во МГУ, 2004. 71 с.
4. Шпаковский Г.И., Серикова Н.В. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI. Минск: БГУ, 2002 г. 323 с.

Дополнительная

1. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2003. 184 с.