

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Введение в высокопроизводительные вычислительные системы Б1.В.ДВ.1

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Электромагнитные волны в средах

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Хуторова О.Г.

**Рецензент(ы):**

Журавлев А.А.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Акчурин А. Д.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 629118

Казань  
2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Хуторова О.Г. Кафедра радиоастрономии Отделение радиофизики и информационных систем ,  
Olga.Khutorova@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Курс предназначен для подготовки специалистов по компьютерным информационным системам и содержит сведения об архитектуре современных высокопроизводительных систем, организации параллельного программирования

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.1 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Цикл (раздел) ООП, к которому относится данная дисциплина - Б3.ДВ6

Входные курсы: информатика, языки программирования, высшая математики, численные методы и математическое моделирование.

Требования к знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин (модулей) - знания архитектуры персональных компьютеров и компьютерных сетей; умение эксплуатировать современную вычислительную технику, умение пользоваться современными алгоритмами, численными методами и методами программирования.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной аппаратуры и оборудования
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью к применению информационных технологий для решения задач в области радиотехники, радиоэлектроники и радиофизики (в соответствии с профилизацией)
ОК-10 (общекультурные компетенции)	способностью использовать базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач, соблюдать основные требования информационной безопасности, защиты государственной тайны

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-4 (общекультурные компетенции)	способностью использовать углубленные знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способностью выдвигать новые идеи

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

понимать возможности высокопроизводительных вычислительных систем, принципы их работы

2. должен уметь:

обладать теоретическими знаниями об архитектуре суперкомпьютеров, их топологии, организации коммуникации.

3. должен владеть:

навыками реализации методов параллельного программирования, используя современные средства и библиотеки.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Высокопроизводительные вычислительные системы и области их						

применения.

2	1	2	0	0	Дискуссия
---	---	---	---	---	-----------

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем.	2	3-7	8	0	0	Дискуссия
3.	Тема 3. Программная организация высокопроизводительных вычислительных систем.	2	8-12	10	0	0	Творческое задание
4.	Тема 4. Практика программирования с использованием современных библиотек.	2	13-18	8	14	0	Отчет
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	Зачет
	Итого			28	14	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Высокопроизводительные вычислительные системы и области их применения.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Введение. Высокопроизводительные вычислительные системы и области их применения. Производительность вычислительных систем. TOP 500. Оценка производительности вычислительных систем. Основные способы достижения параллелизма. Иерархия памяти в вычислительных системах.

### Тема 2. Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем.

#### *лекционное занятие (8 часа(ов)):*

Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем. Классификация вычислительных систем по Флинну. Основные классы современных параллельных компьютеров. Статические топологии сетей передачи данных при построении многопроцессорных систем. Динамические топологии сетей передачи данных.

### Тема 3. Программная организация высокопроизводительных вычислительных систем.

#### *лекционное занятие (10 часа(ов)):*

Операционные системы, работа в кластере. Программная организация высокопроизводительных вычислительных систем. Организация параллельных вычислений. Модели вычислений. Законы Амдала. Разработка параллельного алгоритма. Показатели эффективности параллельного алгоритма. Специализированные языки и библиотеки для параллельных вычислений.

### Тема 4. Практика программирования с использованием современных библиотек.

#### *лекционное занятие (8 часа(ов)):*

Основные стандартизированные пакеты функций параллельного программирования. OpenMp. MPI. Pthread. Cuda.

### практическое занятие (14 часа(ов)):

Практика программирования с использованием современных библиотек. Выполнение практических заданий на кластере с использованием библиотек OpenMp, MPI, Pthread, Cuda.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Высокопроизводительные вычислительные системы и области их применения.	2	1	Обзор материала по теме "Высокопроизводительные вычислительные системы и области их применения. Прои	4	дискуссия
2.	Тема 2. Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем.	2	3-7	Обзор материала по теме "Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем"	4	дискуссия
3.	Тема 3. Программная организация высокопроизводительных вычислительных систем.	2	8-12	подготовка к творческому заданию по теме "Операционные системы, работа в кластере. Программная органи	18	творческое задание
4.	Тема 4. Практика программирования с использованием современных библиотек.	2	13-18	Выполнение задания лабораторной работы, анализ результатов, подготовка отчета	40	отчет
Итого					66	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активно - интерактивная форма работы на кластере параллельных вычислений в реальных условиях современной операционной системы, выполнение практических заданий, объяснение результатов.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

## **Тема 1. Высокопроизводительные вычислительные системы и области их применения.**

дискуссия , примерные вопросы:

Темы дискуссии: Высокопроизводительные вычислительные системы и области их применения. Производительность вычислительных систем. TOP 500. Оценка производительности вычислительных систем. Основные способы достижения параллелизма. Иерархия памяти в вычислительных системах.

## **Тема 2. Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем.**

дискуссия , примерные вопросы:

Темы дискуссии: Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем. Классификация вычислительных систем по Флинну. Основные классы современных параллельных компьютеров. Статические топологии сетей передачи данных при построении многопроцессорных систем. Динамические топологии сетей передачи данных.

## **Тема 3. Программная организация высокопроизводительных вычислительных систем.**

творческое задание , примерные вопросы:

Обсуждение индивидуальных творческих заданий по темам: Операционные системы, работа в кластере. Программная организация высокопроизводительных вычислительных систем. Организация параллельных вычислений. Модели вычислений. Законы Амдала. Разработка параллельного алгоритма. Показатели эффективности параллельного алгоритма. Специализированные языки и библиотеки для параллельных вычислений.

## **Тема 4. Практика программирования с использованием современных библиотек.**

отчет , примерные вопросы:

Темы лабораторных работ: 1. Вычисление суммы элементов вектора. Параллельная реализация с MPI 2. Вычисление суммы элементов двумерного массива. Параллельная реализация с MPI 3. Вычисление интеграла методом прямоугольников с заданной точностью. Параллельная реализация с MPI. 4. Вычисление интеграла методом трапеций с заданной точностью. Параллельная реализация с MPI. 5. Вычисление интеграла методом Симпсона с заданной точностью. Параллельная реализация с MPI. 6. Вычисление двумерного интеграла с заданной точностью. Параллельная реализация с MPI. 7. Обращение матрицы. Параллельная реализация с MPI. 8. Решение систем линейных уравнений методом Гаусса. Параллельная реализация с MPI. 9. Решение систем нелинейных уравнений методом Ньютона. Параллельная реализация с MPI. 10. Решение систем нелинейных уравнений методом Зейделя. Параллельная реализация с MPI. 11. Фурье преобразование сигнала. Параллельная реализация с MPI. 12. Вейвлет преобразование сигнала. Параллельная реализация с MPI. 13. Свертка сигнала. Параллельная реализация с MPI.

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Компетенции, указанные в п.3 программы нарабатываются путем изучения литературы, посещения лекций, участия в дискуссии, выполнения творческого задания и решения задач, данных преподавателем.

Творческое задание выполняется студентом по заданной теме. В рамках задания студент изучает источники и формулирует актуальные на данный момент темы, которые нужно обсудить для того, чтобы приобрести уверенность в вопросах применения на практике знаний о высокопроизводительных вычислительных системах.

Лабораторная работа, заданная преподавателем выполняется на кластере параллельных вычислений каф. радиоастрономии, после выполнения студент оформляет отчет. Отчет должен содержать цель работы, задачу работы, решение этой задачи и выводы.

Общее количество баллов - 100

Работа в семестре - 50

Посещаемость и активная работа - 10

Выполнение индивидуального задания лабораторной работы - 20



Выполнение домашнего задания - 20 баллов

Зачет - 50 баллов

Вопросы к зачету:

1. Высокопроизводительные вычислительные системы и общие требования, предъявляемые к современным высокопроизводительным системам.
2. Классификация вычислительных систем по Флинну.
3. Методы оценки производительности вычислительных систем.
4. Основные принципы организации эффективных вычислений в однопроцессорных системах.
5. Конвейерная организация вычислений.
6. Конвейерная и суперскалярная обработка данных.
7. Иерархическая организация памяти.
8. Современные микропроцессоры
9. Основные понятия параллельных вычислений.
10. Основные элементы архитектуры систем параллельных вычислений.
11. Разделяемая память.
12. Распределенная память.
13. Связь между элементами параллельных вычислительных систем.
14. Топологии.
15. Маршрутизация сети.
16. Кластеры.
17. Особенности программирования параллельных вычислений.
18. Специализированные языки и библиотеки.
19. Введение в MPI.
20. Настройка Linux - кластера.
21. Практика параллельных расчетов.

### 7.1. Основная литература:

1. Параллельные вычисления на GPU : архитектура и программная модель CUDA : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / [А. В. Боресков и др. ; предисл. В. А. Садовничий] ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .? Москва : Изд-во Московского университета, 2012 .- 332, 5
2. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / В. П. Гергель ; Б-ка Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского .- Москва : Изд-во Московского университета [и др.], 2010 .- 539, 44
3. Информационные технологии и системы: Учеб. пособие / Е.Л. Федотова. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 352 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0376-6, 500 экз. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=374014> Эл.ресурс

### 7.2. Дополнительная литература:

1. В.В.Воеводин, Вл.В. Воеводин. Параллельные вычисления. Изд. БХВ-Петербург, 2002 г., 600 с. 1 5 экз.
2. В.Д.Корнеев. Параллельное программирование в MPI. Изд. Ин-т компьютерных исследований, М.2003 г., 303 с. 9 экз.
3. Г.М.Тептин, О.Г.Хуторова, Д.П.Зинин. Введение в высокопроизводительные вычислительные системы. Изд. КГУ.2009г. 31 с. 30 экз.
4. В.А.Райхлин. Системы параллельной обработки данных. Изд.ФЭН.Казань 2010г.261с. 2 экз.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Experimental Parallel Algorithmics - <http://www.umiacs.umd.edu/research/EXPAR/>

Рейтинг суперкомпьютеров СНГ - <http://top50.supercomputers.ru/>

Рейтинг суперкомпьютеров TOP500 - <http://www.top500.org/>

сайт о параллельных технологиях - <http://www.parallel.ru/>

сайт проф. Хуторовой О.Г. - <http://old.kpfu.ru/f6/index.php?id=12&idm=2&num=29>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Введение в высокопроизводительные вычислительные системы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Кластер параллельных вычислений с доступом по локальной сети

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе Электромагнитные волны в средах .

Автор(ы):

Хуторова О.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Журавлев А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.