

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Технология CUDA Б1.В.ОД.4

Направление подготовки: 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Александрова И.Л.

**Рецензент(ы):**

Бахтиева Л.У.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Плещинский Н. Б.

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

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

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

Регистрационный No 922615

Казань  
2015

## **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) ассистент, б/с Александрова И.Л. Кафедра прикладной математики отделение прикладной математики и информатики ,  
1Irina.Alexandrova@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины: сформировать представление об архитектуре GPU NVidia, ее отличии от архитектуры центральных процессоров; познакомить студентов с аппаратной и программной моделью CUDA. Задачи дисциплины: приобретение студентами базового набора знаний по написанию программ для выполнения на графических процессорах и навыков работы со средствами разработки и отладки таких программ.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.04.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательные дисциплины. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Дисциплина "Технология CUDA" первая в линейке дисциплин, направленных на изучение технологий параллельного программирования. Курс является базовым для курса "Программирование графических" процессоров.

Считается, что студент владеет языком программирования C++, умеет разрабатывать алгоритмы для решения простейших математических задач, имеет опыт отладки и тестирования программ в любой IDE.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способность и готовностью к активному общению в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способность свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения; способность к активной социальной мобильности
ОК-9 (общекультурные компетенции)	способность использовать углубленные знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий по профильной направленности ООП магистратуры
ПК-11 (профессиональные компетенции)	способность работать в международных проектах по тематике специализации

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способность проводить семинарские и практические занятия с обучающимися, а также лекционные занятия спецкурсов по профилю специализации
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью разрабатывать учебно-методические комплексы для электронного и мобильного обучения

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Архитектуру графических процессоров;  
основные понятия, связанные с технологией CUDA.

2. должен уметь:

использовать средства разработки программ на CUDA;  
использовать средства отладки и профилировки CUDA программ.

3. должен владеть:

методами оптимизации алгоритмов и программ для выполнения на графических процессорах.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

разработки эффективных CUDA программ для выполнения на GPU;  
адаптации готовых программ под GPU.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 1 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. Архитектура GPU. Сравнение GPU и CPU.	1	1-3	0	0	6	письменная работа домашнее задание
2.	Тема 2. Программная модель CUDA	1	4-8	0	0	10	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Иерархия памяти в CUDA	1	9-13	0	0	10	письменная работа домашнее задание
4.	Тема 4. Общие методы оптимизации CUDA-программ	1	14-16	0	0	6	домашнее задание
5.	Тема 5. Библиотеки CURAND, CUBLAS.	1	17-18	0	0	4	отчет
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	экзамен
	Итого			0	0	36	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Архитектура GPU. Сравнение GPU и CPU.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Производительность и параллелизм. Эволюция GPU. Сравнение архитектуры CPU и GPU.

Тема 2. Программная модель CUDA

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Знакомство с программированием на CUDA. Нити и блоки. Встроенные типы, встроенные переменные. Вызов ядра. Обмен данными. Обработка ошибок, измерение времени исполнения. Атомарные операции.

Тема 3. Иерархия памяти в CUDA

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Уровни памяти. Глобальная память. Регистровый файл, локальная память. Разделяемая память. Константная память. Текстурная память. Pinned-память.

Тема 4. Общие методы оптимизации CUDA-программ

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Работа с профилировщиком. Оптимизация выполнения математических операций. Оптимизация доступа в память.

Тема 5. Библиотеки CURAND, CUBLAS.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Функции и возможности библиотеки генерации случайных чисел. Базовые функции линейной алгебры - библиотека CUBLAS.

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. Архитектура GPU. Сравнение GPU и CPU.	1	1-3	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
				подготовка к письменной работе	6	письменная работа
2.	Тема 2. Программная модель CUDA	1	4-8	подготовка домашнего задания	20	домашнее задание
3.	Тема 3. Иерархия памяти в CUDA	1	9-13	подготовка домашнего задания	14	домашнее задание
				подготовка к письменной работе	6	письменная работа
4.	Тема 4. Общие методы оптимизации CUDA-программ	1	14-16	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
5.	Тема 5. Библиотеки CURAND, CUBLAS.	1	17-18	подготовка к отчету	8	отчет
	Итого				72	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой

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

### Тема 1. Архитектура GPU. Сравнение GPU и CPU.

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение свойств и архитектуры GPU Kepler K40.

письменная работа , примерные вопросы:

Описание архитектуры GPU на учебном ПК.

### Тема 2. Программная модель CUDA

домашнее задание , примерные вопросы:

Написание программ, решающих стандартные задачи линейной алгебры и вычислительной математики: сложение векторов, транспонирование матриц, умножение матриц.

### Тема 3. Иерархия памяти в CUDA

домашнее задание , примерные вопросы:

Реализация стандартных алгоритмов с использованием памяти разных типов.

письменная работа , примерные вопросы:

Написание программы для вычисления определенных интегралов по квадратурным формулам.

### Тема 4. Общие методы оптимизации CUDA-программ

домашнее задание , примерные вопросы:

Анализ написанных ранее программ, профилировка, оптимизация.

### Тема 5. Библиотеки CURAND, CUBLAS.

отчет , примерные вопросы:

Решение задачи с помощью программной модели CUDA и с помощью функций данных библиотек. Сравнение трудоемкости решения задачи, скорости работы двух вариантов, полученного ускорения по сравнению с последовательной программой.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

1. Основные отличия между GPU и CPU.
2. Архитектура GPU.
3. Что такое CUDA?
4. Нити, блоки. Варп.
5. Встроенные типы и переменные.
6. Обработка ошибок.
7. Атомарные операции.
8. Типы памяти.
9. Оптимизация CUDA программ.
10. Библиотека CUBLAS.
11. Библиотека CURAND.

#### **7.1. Основная литература:**

1. Линев, Алексей Владимирович. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур: учебник для студентов высших учебных заведений/ А. В. Линев, Д. К. Боголепов, С. И. Бастраков; под ред. В. П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. ?Москва: Изд-во Московского университета, 2010. ?148 с.
2. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью: учебник для студентов высших учебных заведений/ К.В. Корняков, В.Д. Кустикова, И.Б. Мееров [и др.]; под ред. проф. В.П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, Координац. совет Системы науч.-образоват. центров суперкомпьютер. технологий. ?2-е изд., испр. и доп.. ?Москва: Изд-во Московского университета, 2010. ?262 с.
3. Гергель В.П. 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, [4] с
4. Богачёв К. Ю. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 342 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=42626](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42626)
5. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. ? 3-е изд. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2011. ? 768 с.  
ЭБС <http://znanium.com/bookread.php?book=354905>

#### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Боресков А.В. 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 с.
2. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования / К.Ю.Богачев.-М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2003.-342с.



3. Федотова Е. Л. Прикладные информационные технологии: Учебное пособие / Е.Л. Федотова, Е.М. Портнов. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 336 с.

<http://znanium.com/bookread.php?book=392462>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Nvidia CUDA Programming Guide - [http://www.nvidia.ru/object/cuda\\_what\\_is\\_ru.html](http://www.nvidia.ru/object/cuda_what_is_ru.html)

NVidia CUDA Zone - <https://developer.nvidia.com/cuda-zone>

Курс лекций по CUDA - [http://www.nvidia.ru/object/cuda\\_state\\_university\\_courses\\_new\\_ru.html](http://www.nvidia.ru/object/cuda_state_university_courses_new_ru.html)

Портал по параллельным вычислениям - <http://parallel.ru>

Учебные материалы по программированию на GPU - <http://parallel.ru/gpu/education.html>

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

Освоение дисциплины "Технология CUDA" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Наличие в компьютерах устройств, поддерживающих технологию CUDA.

Наличие установленных драйверов и библиотек для работы с CUDA.

Наличие среды разработки программ на языке C/C++.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" и магистерской программе Математическое моделирование .



Автор(ы):

Александрова И.Л. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Бахтиева Л.У. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.