

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТЕХНОЛОГИИ CUDA**

Направление подготовки
(специальность)

[1] 01.04.02 Прикладная математика и
информатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	2	72	15	0	15	42	0	3
Итого	2	72	15	0	15	42	0	

АННОТАЦИЯ

Курс ориентирован на изучение программно-аппаратной архитектуры параллельных вычислений CUDA. В ходе изучения дисциплины вводятся понятия Streaming processor (SP) и Streaming multiprocessor (MP). Помимо этого в программу входит изучение основ реализации на потоковых графических процессорах NVIDIA и обзор OpenCL как средства программирования графических процессоров

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины ознакомление обучающихся с принципами и технологиями параллельного программирования для графических процессоров Nvidia с архитектурой CUDA применительно к задачам вычислительной математики и математической физики. Освоение основных технологий параллельного программирования CUDA для дальнейшего их использования при решении ресурсоёмких вычислительных задач математической физики. Формирование навыков разработки и реализации параллельных алгоритмов и программ для высокопроизводительных вычислительных систем гибридной архитектуры.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина обеспечивает специальную подготовку будущего магистра. Изучение дисциплины базируется на следующих прослушанных ранее курсах: математический анализ, теория вероятностей, линейная алгебра и численные методы, практикум на ЭВМ. Может быть использовано для выполнения научно-исследовательской работы.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
разработка и исследование алгоритмов,	математическое моделирование; математическая физика;	ПК-2 [1] - способен к разработке и внедрению	З-ПК-2[1] - Знать текущее положение современных

<p>вычислительных моделей и моделей данных для реализации элементов новых сервисов систем информационных технологий; исследования и разработка языков программирования, алгоритмов, библиотек и пакетов программ, продуктов системного и прикладного программного обеспечения; исследования и разработка систем цифровой обработки изображений средств компьютерной графики , мультимедиа и автоматизированного проектирования</p>	<p>обратные и некорректно поставленные задачи, численные методы; теория вероятностей и математическая статистика; дискретная математика; нелинейная динамика; математические модели сложных систем (теория, алгоритмы, приложения); программная инженерия; прикладные интернет-технологии; системное и прикладное программное обеспечение; информационные системы и их исследование методами математического прогнозирования и системного анализа; математическое и информационное обеспечение экономической деятельности; математические методы и программное обеспечение защиты информации; математическое и программное обеспечение компьютерных сетей; алгоритмы, библиотеки и пакеты программ, продукты системного и прикладного программного обеспечения; системное и прикладное программное обеспечение</p>	<p>научное программное обеспечение, способствующее решению передовых задач науки и техники на основе современных математических методов и алгоритмов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.017</p>	<p>научных достижений, современные математические методы и алгоритмы для разработки научное программное обеспечение. ; У-ПК-2[1] - Уметь применять современные математические методы и алгоритмы для разработки научное программное обеспечение.; В-ПК-2[1] - Владеть навыками разработки и внедрения научное программное обеспечение.</p>
<p>Разработка вычислительных алгоритмов и их реализация на высокопроизводительных вычислительных системах (суперкомпьютерах)</p>	<p>Математические и вычислительные алгоритмы; высокопроизводительные вычислительные системы различной архитектуры; языки, методы и технологии</p>	<p>ПК-4.2 [1] - Способен использовать современные технологии параллельного программирования для реализации</p>	<p>З-ПК-4.2[1] - Знать основные концепции, подходы и методы распределенных вычислений ; У-ПК-4.2[1] - Уметь разрабатывать</p>

<p>различной архитектуры с использованием технологий параллельного программирования.</p>	<p>программирования; программные комплексы инженерно-физического моделирования; прикладное программное обеспечение.</p>	<p>вычислительных алгоритмов на системах различной архитектуры</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.017, 06.042</p>	<p>математические алгоритмы с учетом их дальнейшей параллельной реализации, проводить параллельные вычисления на различных системах; В-ПК-4.2[1] - Владеть навыками реализации вычислительных алгоритмах на системах различной архитектуры</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>Решение различных исследовательских и прикладных задач на суперкомпьютерах с использование современных программных комплексов инженерно-физического моделирования и прикладного программного обеспечения.</p>	<p>Математические и вычислительные алгоритмы; высокопроизводительные вычислительные системы различной архитектуры; языки, методы и технологии программирования; программные комплексы инженерно-физического моделирования; прикладное программное обеспечение.</p>	<p>ПК-4.3 [1] - Способен проводить суперкомпьютерные вычисления в современных программных комплексах</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011</p>	<p>З-ПК-4.3[1] - Знать современные программные комплексы для проведения суперкомпьютерных вычислений ; У-ПК-4.3[1] - Уметь проводить математическое моделирование с использованием программных комплексов для инженерно-физического расчета в том числе используя суперкомпьютер ; В-ПК-4.3[1] - Владеть навыками проведения математического моделирования с использованием программных комплексов для инженерно-физических расчетов</p>
<p>разработка программного и информационного обеспечения компьютерных сетей,</p>	<p>математическое моделирование; математическая кибернетика;</p>	<p>ПК-6 [1] - способен к проектированию и разработке наукоемкого</p>	<p>З-ПК-6[1] - Знать основные цели и задачи проектирования и</p>

<p>автоматизированных систем вычислительных комплексов, сервисов, операционных систем и распределенных баз данных; разработка архитектуры, алгоритмических и программных решений системного и прикладного программного обеспечения;</p>	<p>математические методы и программное обеспечение защиты информации; математическое и программное обеспечение компьютерных сетей; системное программирование; прикладные интернет-технологии; языки программирования; алгоритмы, библиотеки и пакеты программ, продукты системного и прикладного программного обеспечения; системное и прикладное программное обеспечение; программная инженерия</p>	<p>программного обеспечения на основе технического задания</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.003, 06.017</p>	<p>разработки наукоемкого программного обеспечения на основе технического задания. ; У-ПК-6[1] - Уметь разрабатывать наукоемкое программное обеспечение на основе технического задания.; В-ПК-6[1] - Владеть навыками разработки и проектирования наукоемкого программного обеспечения на основе технического задания.</p>
педагогический			
<p>преподавание учебных дисциплин с применением современных методик и методов электронного обучения; консультирование по выполнению курсовых и выпускных квалификационных работ обучающихся в образовательных организациях высшего образования и профессиональных образовательных организациях в области прикладной математики и информационных технологий</p>	<p>средства, технологии, ресурсы и сервисы электронного обучения и мобильного обучения, прикладные интернет-технологии</p>	<p>ПК-9 [1] - способен использовать современные информационные технологии в образовательной деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 01.001, 01.003</p>	<p>З-ПК-9[1] - Знать основные цели и задачи, особенности содержания и организации педагогического процесса. ; У-ПК-9[1] - Уметь использовать современные информационные технологии в образовательной деятельности.; В-ПК-9[1] - Владеть навыками использования современных информационных технологий в образовательной деятельности.</p>
<p>проведение семинарских и практических занятий по общематематическим дисциплинам и</p>	<p>средства, технологии, ресурсы и сервисы электронного обучения и мобильного обучения,</p>	<p>ПК-10 [1] - способен осуществлять подготовку и переподготовку</p>	<p>З-ПК-10[1] - Знать основные цели и задачи, особенности содержания и</p>

<p>информатике, а также лекционных занятий спецкурсов, посвященных высокопроизводительным вычислениям и технологиям параллельного программирования, в образовательных организациях высшего образования и профессиональных образовательных организациях; разработка учебно-методических материалов по тематике прикладной математики и информатики; преподавание факультативных дисциплин в области прикладной математики и информатики</p>	<p>прикладные интернет-технологии</p>	<p>кадров в области прикладной математики и информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 01.001, 01.003</p>	<p>организации педагогического процесса на основе компетентностного подхода; психологические особенности обучающихся; современные технологии диагностики и оценивания качества образовательного процесса; особенности педагогического взаимодействия в условиях изменяющегося образовательного пространства. ; У-ПК-10[1] - Уметь организовывать образовательно-воспитательный процесс в изменяющихся социокультурных условиях; применять психолого-педагогические знания в разных видах образовательной деятельности.; В-ПК-10[1] - Владеть навыками организации педагогического процесса для подготовки и переподготовки кадров в области прикладной математики и информационных технологий</p>
--	---------------------------------------	--	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/0/8		25	КИ-8	3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-4.2, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2, 3-ПК-4.3, У-ПК-4.3, В-ПК-4.3

2	Второй раздел	9-15	7/0/7		25	КИ-15	3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-4.2, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2, 3-ПК-4.3, У-ПК-4.3, В-ПК-4.3
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/0/15		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	3	3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-

							2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 4.2, У- ПК- 4.2, В- ПК- 4.2, 3-ПК- 4.3, У- ПК- 4.3, В- ПК- 4.3
--	--	--	--	--	--	--	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	15	0	15
1-8	Первый раздел	8	0	8

1	Вводная лекция: История развития потоковых графических процессоров; Обзор существующих архитектур; Наглядные примеры	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
2 - 3	Тема 1. Аппаратная реализация Реализация на потоковых графических процессорах NVIDIA Понятия Streaming processor(SP) и Streaming multiprocessor(MP). Иерархия памяти.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
4 - 8	Тема 2. Программная модель CUDA CUDA – Compute Unified Design Architecture Вычислительная конфигурация GPU Взаимодействие с хостом	Всего аудиторных часов		
		4	0	6
		Онлайн		
9-15	Второй раздел	7	0	7
9 - 11	Тема 3. Организация потока данных Различные виды памяти Понятия Warp, Block, Grid, Kernel. Когерентный доступ к памяти	Всего аудиторных часов		
		3	0	3
		Онлайн		
12 - 13	Тема 4. Библиотеки Библиотеки CuBLAS и CuFFT CuBLAS – CUDA Basic Linear Algebra Subpr. (основан на BLAS) CuFFT – CUDA Fast Fourier Transform (основан на FFTW)	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
14 - 15	Тема 5. Обзор OpenCL OpenCL как средства программирования графических процессоров.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	2 Семестр

	Matrix Реализация численного алгоритма умножения матриц
	Euler-1D Реализация численного алгоритма решения одномерных уравнений Эйлера
	Euler-2D Реализация численного алгоритма решения двумерных уравнений Эйлера

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Подача материала сопровождается примерами модельных и производственных прикладных задач. Слушатели получают опыт разработки реализации и анализа параллельных алгоритмов. Написанные в процессе обучения прикладные программы тестируются на различных МВС коллективного доступа в удаленном режиме. Сравнение результатов таких тестов позволяет проводить оптимизацию программного кода для повышения его быстродействия.

Большое внимание уделяется самостоятельной работе студентов. Поиск необходимой информации в сети Интернет.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-10	З-ПК-10	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10	З, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	З, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	З, КИ-8, КИ-15
ПК-4.2	З-ПК-4.2	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4.2	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4.2	З, КИ-8, КИ-15
ПК-4.3	З-ПК-4.3	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4.3	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4.3	З, КИ-8, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 82 Основы работы с технологией CUDA : , Москва: ДМК Пресс, 2010

2. ЭИ С 18 Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров : , Москва: ДМК Пресс, 2011

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 004 М 21 Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA : учебное пособие для академического бакалавриата, Москва: Юрайт, 2017

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Проведение лекционных и практических занятий

В рамках курса предусмотрено проведение лабораторных работ. В начале каждой лабораторной работы кратко рассказывается необходимая теория. Используя прослушанный материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи.

В рамках занятий следует проводить активное обсуждение и анализ современных научных работ, проводить групповой поиск ответов на вопросы возникающие у студентов при подготовке заданий и во время лекционных занятий. Основной упор на занятиях должен делаться на понимание излагаемого материала и умение его использовать при выполнении заданий.

На каждом занятии следует отмечать посещаемость студентов. Рекомендуется не допускать студентов до сдачи контрольных мероприятий регулярно пропускающих занятия.

На первом занятии необходимо ознакомить студентов с программой дисциплины, а также предложить литературу, которая потребуется для успешного освоения материала.

2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использованием фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Контроль по итогам

Рубежный контроль проводится дважды: в середине и в конце семестра. Промежуточный контроль выставляется на основе зачета.

Для допуска к зачету необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Проведение лекционных и практических занятий

В рамках курса предусмотрено проведение лабораторных работ. В начале каждой лабораторной работы кратко рассказывается необходимая теория. Используя прослушанный материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи.

В рамках занятий следует проводить активное обсуждение и анализ современных научных работ, проводить групповой поиск ответов на вопросы возникающие у студентов при подготовке заданий и во время лекционных занятий. Основной упор на занятиях должен делаться на понимание излагаемого материала и умение его использовать при выполнении заданий.

На каждом занятии следует отмечать посещаемость студентов. Рекомендуется не допускать студентов до сдачи контрольных мероприятий регулярно пропускающих занятия.

На первом занятии необходимо ознакомить студентов с программой дисциплины, а также предложить литературу, которая потребуется для успешного освоения материала.

2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использованием фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Контроль по итогам

Рубежный контроль проводится дважды: в середине и в конце семестра. Промежуточный контроль выставляется на основе зачета.

Для допуска к зачету необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

Автор(ы):

Давыдов Александр Александрович

