Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Институт системного анализа и управления
Кафедра распределенных информационных вычислительных систем

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методической работе
_____ / Деникин А.С./
« 15 » 06 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ

Направление подготовки (специальность)

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направленность (профиль) программы (специализация)

Математическое моделирование

Форма обучения

очная

Для набора 2019 года

Дубна, 2021

Преподаватель:
доктор физ.-мат. наук, профессор Перепелкин Е. Е. /_____/
кафедра Распределенных информационно-вычислительных систем *подпись*

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки высшего образования **01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Программа рассмотрена на заседании кафедры **распределенных информационных вычислительных систем**

Протокол заседания № 12 от «11» июня 2021 г.

Заведующий кафедрой д.т.н. профессор Кореньков В.В.

подпись

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой распределённых информационно-вычислительных систем Кореньков В.В.

подпись

Эксперт (рецензент):

Помощник директора лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова Объединенного института ядерных исследований по международному сотрудничеству и работе с кадрами, к.ф.-м.н., с.н.с., Айрян Э.А.

подпись

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Параллельные вычисления на графических процессорах» является приобретение обучающимися профессиональных компетенций в области информатики и вычислительной техники являющихся основой профессиональных и специальных дисциплин, необходимых для разработки программного обеспечения и успешной профессиональной деятельности специалистов.

Задачи изучения дисциплины:

- *понимание* программирования на графических процессорах его сущности и места в системе формирования математических моделей методов моделирования физических систем;
- *изучение* научных физических задач, приводящих к вычислительным методам реализуемых на параллельной архитектуре графических процессоров;
- *владение полученными знаниями и применение* их при решении задач распараллеливания на массивно-параллельной архитектуре графических процессоров;
- *формирование у студентов способностей* к анализу численных методов и программных алгоритмов на возможность их распараллеливания на графических процессорах

2. Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины

Объектами профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины являются: информатика и управление; теория, алгоритмы, приложения; математическое и информационное обеспечение экономической деятельности; математические методы и программное обеспечение защиты информации; математическое и программное обеспечение компьютерных сетей; информационные системы и их исследование методами математического прогнозирования и системного анализа; интеллектуальные системы; программная инженерия; системы управления предприятием; сетевые технологии.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Параллельные вычисления на графических процессорах» относится к разделу «Дисциплины по выбору вариативной части» учебного плана. Изучается в 7 семестре, форма промежуточной аттестации – экзамен.

Ее изучение предполагает знание студентами дисциплин: «Программирование на языке высокого уровня», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Физика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения (доп.главы)».

Дисциплина формирует знания и умения студентов для освоения дисциплин профессионального цикла, цикла специальных дисциплин, выполнения выпускной квалификационной работы.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Дисциплина «Параллельные вычисления на графических процессорах» способствует формированию у студентов следующих компетенций, предусмотренных ФГОС ВО по специальности 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» в

соответствии с видами профессиональной деятельности: производственно-технологической и научно-исследовательской.

Формируемые компетенции *(код компетенции, уровень (этап) освоения)* *(последний – при наличии в карте компетенции)*	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций**
ОПК-3 – способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	З5 (ОПК-3) Знать: Знание основныхклассов и особенностей архитектуры современных вычислительных систем, необходимое для разработки эффективных программно-аппаратных комплексов с использованием современных инструментальных средств и технологий параллельного программирования *) У4(ОПК-3) Уметь: Умение применять технологии параллельного программирования для повышения производительности вычислений при решении практических задач
ПК-1 – способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	З2(ПК-1) Знать: методы формирования показателей и критериев эффективности оценки информационного обеспечения и прикладных процессов в соответствии с профилем подготовки
ПК-17 – способностью к разработке и применению алгоритмических и программных решений, математических методов обработки данных в области профессиональной деятельности	З1(ПК-17) Знать: формальные методы и инструменты разработки программного продукта З5(ПК-17) Знать: Знать основные способы создания параллельных приложений, методы их программирования и тестирования З8(ПК-17) Знать: основные теоретические модели параллельных программ, надежность и масштабируемость параллельных программ

*) Результат обучения сформулирован на основании требований профессионального стандарта: 06.001«Программист», для выполнения обобщенной трудовой функции D: «Разработка требований и проектирование программного обеспечения»

5. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины составляет – 6 зачетных единицы, всего академических 216 часов, из которых

68 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

34 часов – лекционные занятия;

34 часов – практические/семинарские занятия;

36 часов – мероприятия промежуточной аттестации (экзамен в 7 семестре).

112 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

№ п/п	Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины Форма промежуточной аттестации по дисциплине	**Всего (часы)**	Контактная работа (во взаимодействии с преподавателем), часы, из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них		
			Лекционные занятия	Семинарские / практические занятия	Лабораторные работы	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости	**Всего**	Выполнение домашних занятий	Подготовка доклада, рефератов, к экзамену и т.п.	**Всего**
1	Раздел 1. Архитектура GPU, программно-аппаратный стек CUDA.	**52**	10	10	0	Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках лекций, практических/семинарских занятий	**20**	16	16	**32**
2	Раздел 2. Иерархия памяти на GPU.	**64**	12	12	0		**24**	20	20	**40**
3	Раздел 3. Решение прикладных задач математической физики на GPU	**64**	12	12	0		**24**	20	20	**40**
4	**Итого часов по видам занятий:**	**180**	34	34	0		**68**	56	56	**112**
	Промежуточная аттестация - экзамен	**36**								
	Всего	**216**								

6. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Архитектура и программирование массивно-параллельных вычислительных систем. Архитектура Tesla, Fermi, Kepler, Pascal. Понятие SM/SMX, TCP, GPC, Warp scheduler/dispatch unit/ILP. Понятие compute capability. Интерфейс NvLink. Программно-аппаратный стек CUDA

Раздел 2. Иерархия памяти CUDA. Регистры, локальная память, глобальная память, L1, L2-кэш, Read-only data cache, константная память, разделяемая память (shared memory). Спилинг регистров. Понятие потока, блока, сети блоков. Понятие kernel-function. Понятие банков памяти, конфликты банков. ILP и TLP параллелизм. Понятие коалесинга, патерны доступа в глобальную память. Выравнивание памяти, питч-память, page-locked memory. Понятие CUDA-streams. Копирование данных host/device. Асинхронное копирование. Текстурная память, режим фильтрации, переадресации. Стандарт OpenACC.

Раздел 3. Нерегулярный Параллелизм в обработке цифровых сигналов. Параллельное решение задач умножения матриц и решения СЛАУ и СНАУ. Параллельная редукция. Особенности реализации алгоритмов трассировки лучей на CUDA. Вопросы программирования и оптимизации приложений на CUDA. Задача многих тел. Решение дифференциальных уравнений на CUDA на примере задач аэро-гидродинамики. Нейронные сети. Задача моделирование динами пучка. Задача клеточного автомата. Параллельный алгоритм решения уравнения теплопроводности. Решение задачи фильтрации.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов сводится к подготовке к лекционным и практическим занятиям, решению типовых задач, самостоятельному изучению некоторых глав учебника.

Методические рекомендации студентам образуют два блока.

Материалы по организации самостоятельной работы включают:

- рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины (курса) в рамках отведенного учебным планом времени на освоение дисциплины;
- тематику всех видов практических (семинарских) занятий, индивидуальных заданий по разделам дисциплины;
- типовые задачи для домашней работы;
- список литературы.

Материалы по реализации самоконтроля, содержат:

- контрольные вопросы для подготовки к лекционным и практическим занятиям;
- перечень выносимых на экзамен вопросов.

7.1. Темы практических занятий/семинаров

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических/семинарских занятий

1	Раздел 1	Введение. Настройка программной среды для работы с CUDA (MS Visual Studio, CUDA ToolKit, CUDA SDK)
2	Раздел 2	Написание и оптимизация программного кода на CPU и GPU для работы с различными типами памяти на GPU.
3	Раздел 3	Написание и оптимизация программного кода на CPU/OpenMP и GPU/OpenACC/CUDAдля задач параллельной редукции, перемножения матриц, решения СЛАУ, СНАУ, задачи многих тел.

7.2. Методические указания для самостоятельной работы студентов

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает следующие ее виды:

– проработку и повторение лекционного материала, используя конспекты лекций, учебники, учебные пособия, методические указания, литературу и ресурсы сети Интернет;

– выполнение домашнего задания,

– подготовку к контрольным работам;

Для самоконтроля знаний имеется перечень контрольных вопросов по каждому разделу программы. Важное значение имеет работа студентов с литературой и с материалами сети Интернет.

Содержание, рекомендуемый режим и характер внеаудиторной самостоятельной работы

№ п/п	№ раздела дисциплины	Содержание самостоятельной работы
1	Раздел 1.	Проработка и повторение лекционного материала. Повторение лекционного материала, самостоятельное изучение разделов учебника, решение задач.
2	Раздел 2	Повторение лекционного материала, самостоятельное изучение разделов учебника, решение задач.
3	Раздел 3	Повторение лекционного материала, самостоятельное изучение разделов учебника, решение задач.

Примечание:
**Количество часов самостоятельной работы указано по учебному плану, носит рекомендательный характер, может быть увеличено в зависимости от индивидуальных особенностей обучающегося и вызванного интереса к изучаемой дисциплине.*

7.3. Методические рекомендации по видам самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины

Изучение понятийного аппарата дисциплины.

Специальная работа должна быть проведена для усвоения терминов, определений, понятий учебной дисциплины, данных преподавателем на лекции. Знание основных категорий и понятий математического анализа, владение и грамотное применение специальной математической терминологии – необходимое условие для подготовки будущих специалистов по прикладной математики и информатики.

Работа над основной и дополнительной литературой

Учебная литература подразделятся на учебники (общего назначения, специализированные), учебные пособия и учебно-методические материалы. Студент должен самостоятельно подбирать необходимую для учебной и научной работы литературу. При этом рекомендуется обращаться к предметным каталогам,

библиографическим справочникам, которые имеются в библиотеках. Изучение рекомендованной литературы следует начинать с основных рекомендованных учебников и учебных пособий, затем переходить к научным монографиям и материалам периодических изданий. При этом очень полезно делать выписки и конспекты интересныхматериалов. Это способствует более глубокому осмыслению материала и лучшему его запоминанию. Кроме того, такая практика помогает студентам отделять в тексте главноеот второстепенного, и позволяет проводить систематизацию и сравнительный анализ изучаемой информации, что чрезвычайно важно в условиях большого количества разнообразных сведений.

Большинство студентов, имея хорошие начальные навыки работы с первоисточниками, все же испытывают трудности в умении в короткий срок извлечь требуемую информацию из большого объема. Можно рекомендовать следующую последовательность получения информации путем изучения в издании: заглавия; фамилии автора; наименования издательства (или учреждения, выпустившего книгу); времени издания; количества изданий (первое, второе и т.д.); аннотации; оглавления; введения или предисловия; справочно-библиографического аппарата (списка литературы, указателей, приложений); иллюстративного материала в представляющих интерес главах. Приналичии достаточного времени вызвавшие интерес главы изучаются более внимательно с пометками и закладками. При необходимости сведения могут быть выписаны или ксерокопированы.

Для накопления информации по изучаемым темам студенту рекомендуется формировать личный архив, а также каталог использованных источников. Подобная работа будет весьма продуктивной с точки зрения формирования библиографии для последующего написания выпускной квалификационной работы.

Самоподготовка к практическим/семинарским занятиям

При выполнении домашних заданий, подготовке к семинару, студенту необходимо помнить, что дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении методов математического анализа, линейной алгебры и аналитической геометрии, физики, дифференциальных уравнений. Эти темы необходимо повторить, приступая к изучению теории поля.

На семинарских занятиях студент должен последовательно излагать свои мысли и аргументированно их отстаивать. Для достижения этой цели необходимо:

- ознакомиться с соответствующей темой семинарского занятия;
- осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- изучить лекционный материал, рекомендованную литературу и другие источники;
- ответить на контрольные вопросы;
- подготовить при необходимости краткое выступление по каждому из обсуждаемых вопросов;
- написать конспект теоретического материала по теме и решенных задач.

Самостоятельная работа студента при подготовке к экзамену

Ответственным этапом учебного процесса является сдача экзамена. В качестве промежуточной аттестации в рамках ОПОП по дисциплине «Параллельные вычисления на графических процессорах» предусмотрен экзамен. Систематическая работа студента в течение семестра является необходимым фактором для успешной сдачи экзамена.

В течение семестра студенту рекомендуется пользоваться рабочей программой учебной дисциплины, включающей разделы, темы и вопросы, задания для самостоятельной работы, методические указания и рекомендации, а также другие материалы учебно-методического комплекса по дисциплине «Параллельные вычисления

на графических процессорах». Это позволит в процессе изучения тем сформировать более правильное и обобщенное видение студентом существа того или иного вопроса.

Наличие перечня вопросов в период обучения позволит выбрать из предложенных преподавателем учебников наиболее оптимальный для каждого студента, с точки зрения его индивидуального восприятия материала, уровня сложности и стилистики изложения. После изучения соответствующей темы рекомендуется попытаться осуществить самоконтроль знаний, ответив на вопросы. Если возникают сложности, следует обратиться к лекционному материалу, материалам практических занятий, уточнить терминологический аппарат темы.

8. Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающихся запланированных результатов обучения

При реализации программы дисциплины «Параллельные вычисления на графических процессорах» наряду с учебной деятельностью академического типа: лекций, практических (семинарских) занятий и самостоятельной работы студентов, используются различные образовательные технологии на базе применения интерактивногооборудования лекционных аудиторий и запланированных кафедрой объемов учебной нагрузки для инновационных методов обучения по дисциплине «Параллельные вычисления на графических процессорах».

Самостоятельная работа студента предполагает изучение учебной литературы. Выполнение заданий требует использования не только учебников и пособий, но и информации, содержащейся в периодических изданиях, Интернете.

Активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой обеспечивают формирование общекультурных и профессиональных компетенций обучающихся.

9. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Полный перечень компетенций выпускников образовательной программы **01.03.02** ***Прикладная математика и информатика*** с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в картах компетенций образовательной программы.

Перечень компетенций выпускников образовательной программы **01.03.02** ***Прикладная математика и информатика***, в формировании которых участвует данная дисциплина представлен в разделе 4 рабочей программы дисциплины. Указание результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы формирования компетенций, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования представлено ниже.

Описание шкал оценивания

Критерии оценивания ответов студентов на экзамене:

Оценка «отлично»	Студент показывает не только высокий уровень теоретических знаний по изучаемой дисциплине, но и видит междисциплинарные связи. Умеет анализировать практические ситуации. Ответ построенлогично. Материал излагается четко, ясно, аргументировано. Уместно

	используется информационный и иллюстративный материал.
Оценка «хорошо»	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно.
Оценка «удовлетворительно»	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения.Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров.
Оценка «неудовлетворительно»	Студент показывает слабый уровень теоретических знаний, не может привести примеры из реальной практики. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на дополнительные вопросы или затрудняется с ответом на них.

Описание шкал оценивания для различных заданий, выполняемых в рамках текущего контроля, представлено в методических материалах, определяющих процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

9.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Компетенция ОПК-3 – способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	**Уровень освоения компетенции**	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания**					**ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ**
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	
З5 (ОПК-3) Знать: Знание основных классов и особенностей архитектуры современных вычислительных систем, необходимое для разработки эффективных программно-аппаратных комплексов с использованием современных инструментал	базовый	Не знает (не ориентируется)	Демонстрирует фрагментарные знания, допускает грубые ошибки	Демонстрирует общие, но не структурированные знания	Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Демонстрирует высокий уровень знаний	*Опросы, экзамен*

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	**Уровень освоения компетенции**	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания**					**ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ**
ьных средств и технологий параллельного программирования *)							
У4(ОПК-3) Уметь: Умение применять технологии параллельного программирования для повышения производительности вычислений при решении практических задач	базовый	Не умеет	Демонстрирует отдельные умения, допускает грубые ошибки	Демонстрирует общие умения, допускает существенные ошибки	Демонстрирует сформированные умения, допускает несущественные ошибки	Демонстрирует высокий уровень умений	*Выполнение практических заданий в течение семестра*

Компетенция ПК-1 – способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	Уровень освоения компетенции	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
		1	2	3	4	5	
З2(ПК-1) Знать: методы формирования показателей и критериев эффективности и оценки информационного обеспечения и прикладных процессов в соответствии с профилем подготовки	базовый	Не знает (не ориентируется)	Демонстрирует фрагментарные знания, допускает грубые ошибки	Демонстрирует общие, но не структурированные знания	Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Демонстрирует высокий уровень знаний	*Опросы, экзамен*

Компетенция ПК-17 – способностью к разработке и применению алгоритмических и программных решений, математических методов обработки данных в области профессиональной деятельности

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	Уровень освоения компетенции	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
		1	2	3	4	5	
З1(ПК-17) Знать: формальные методы и инструменты	базовый	Не знает (не ориентируется)	Демонстрирует фрагментарные знания, допускает грубые ошибки	Демонстрирует общие, но не структурированные знания	Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Демонстрирует высокий уровень знаний	*Опросы, экзамен*

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	**Уровень освоения компетенции**	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания**					**ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ**
разработки программного продукта							
З5(ПК-17) Знать: Знать основные способы создания параллельных приложений, методы их программирования и тестирования	базовый	Не знает (не ориентируется)	Демонстрирует фрагментарные знания, допускает грубые ошибки	Демонстрирует общие, но не структурированные знания	Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Демонстрирует высокий уровень знаний	*Опросы, экзамен*
З8(ПК-17) Знать: основные теоретические модели параллельных программ, надежность и масштабируемость параллельных программ	базовый	Не знает (не ориентируется)	Демонстрирует фрагментарные знания, допускает грубые ошибки	Демонстрирует общие, но не структурированные знания	Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Демонстрирует высокий уровень знаний	*Опросы, экзамен*

9.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

Пример типовой задачи по разделу 2.

Задача 1. Написать программный код параллельной редукции на CUDA

Задача 2. Написать программный код параллельного перемножения матриц на CUDA

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Параллельные архитектуры на базе центрального процессора: Intel Core2 Duo, Quad, Cell, SMP, BlueGene. Особенности работы
2. Параллельная архитектура на базе графических процессоров GPU: NVIDIA Tesla 8, Tesla, Fermi, Kepler, Pascal
3. Среда программирования CUDA для массивно параллельных архитектур GPU.
4. Гибридный подход программирования на GPU/CPU.
5. Понятие функции ядра, сетки блоков, нитей.
6. Основные спецификаторы, и переменные среды CUDA.
7. Основные типы памяти на GPU.
8. Запись и чтение из глобальной памяти, скорость доступа.
9. Шаблоны доступа к глобальной памяти.
10. Понятие Compute Capability. Влияние CC на работу с памятью.
11. Объединение запросов при доступе в глобальную память.
12. Использование глобальной памяти на примере перемножения матриц. Оценка производительности.
13. Разделяемая память. Запись, чтение, синхронизация, скорость доступа.
14. Понятие банков памяти, шаблоны доступа в разделяемую память.
15. Использование разделяемой памяти на примере перемножения матриц. Оценка производительности.
16. Пример параллельной редукции с последующей оптимизацией.
17. Понятие текстуры, фильтры, преобразование типов, способы обращения.
18. Использование текстуры при доступе в глобальную память.
19. Задачи обработки сигнала. Нахождение свертки.
20. Обработка изображения, понятие шума. Подавление шума
21. Параллельное решение системы линейных и нелинейных уравнений на GPU
22. Различные типы фильтров при обработке изображения.
23. Вопросы оптимизации. Классификация задач по степени распараллеливания.

24. Использование CUDA RT и CUDA Driver API.

25. Основные шаблоны работы с памятью. Примеры оптимизации кода.

26. Работа с профилировщиком.

27. Особенности работы с несколькими GPU.

28. Примеры использования GPU. Задача гидрогазодинамики.

29. Трассировка лучей.

30. Моделирование динамики пучка.

31. Параллельный алгоритм решения уравнения теплопроводности.

Пример экзаменационного билета

государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
Университет «Дубна»
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра РИВС ИСАУ

Дисциплина «Параллельные вычисления на графических процессорах»

Экзаменационный билет №_____

1. Понятие текстуры, фильтры, преобразование типов, способы обращения
2. Задача.

Заведующий кафедрой *подпись*

9.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Задание для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены *на оценивание:*

1) уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2) степени готовности обучающегося применять теоретические знания и профессионально значимую информацию, сформированности когнитивных умений.
3) приобретенных умений, профессионально значимых дляпрофессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аттестуемым интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер, быть направлены на формирование и закрепление общекультурных и профессиональных компетенций.

Текущий контроль предназначен для проверки качества формирования компетенций, стимулирования учебной работы обучаемых и совершенствования методики освоения новых знаний. Он обеспечивается проведением семинаров, оцениванием контрольных заданий, проверкой конспектов лекций, периодическим опросом слушателей на занятиях.

Формы, методы и периодичность текущего контроля определяет преподаватель. На каждом занятии, кроме лекции, обучаемый должен получить не менее одной оценки.

Промежуточная аттестация предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины. Промежуточная аттестация по дисциплине «Параллельные вычисления на графических процессорах» проводится в форме экзамена.

На экзамене оценивается уровень освоения дисциплины «Параллельные вычисления на графических процессорах» и степень сформированности компетенции, которые определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»:

10. Ресурсное обеспечение

10. Ресурсное обеспечение

10.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная учебная литература:

1. Перепелкин Е.Е., Садовников Б.И., Иноземцева Н.Г., Вычисления на графических процессорах (GPU) в задачах математической и теоретической физики, серия «Классический учебник МГУ», Изд. URSS Москва, ISBN 978-5-9710-1085-2, 2014, 176 стр.
2. **Планирование виртуальных вычислений**: Учебное пособие / Барский А.Б. - М.:ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 200 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-8199-0655-2
3. *Малявко, А. А.* Параллельное программирование на основе технологий openmp, mpi, cuda : учебное пособие для академического бакалавриата / А. А. Малявко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 115 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02916-1.
4. Николаев, Е.И. Параллельные вычисления : учебное пособие / Е.И. Николаев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2016. - 185 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459124

Дополнительная учебная литература:

1. Иноземцева Н.Г., Перепёлкин Е.Е., Садовников Б.И., Оптимизация алгоритмов задач математической физики для графических процессоров, Изд. МГУ им. М.В. Ломоносова, ISBN 978-5-8279-0107-5, 2012, 256 стр.
2. Боресков А.В., Харламов А.А. Основы работы с технологией CUDA, Издательство: ДМК-Пресс Год: 2010.
3. Калачев, А.В. Многоядерные процессоры : учебное пособие / А.В. Калачев. - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2011. - 248 с. : ил., табл., схем. - (Основы информационных технологий). - ISBN 978-5-9963-0349-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233103

Рекомендуемая литература

4. David Kirck and Wen-mei Hwu's. Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach. Applications of GPU Computing Series, 2007, ECE 498AL, University of Illinois.

10.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронно-библиотечные системы и базы данных:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»: www.bibloclub.ru
2. Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» https://biblio-online.ru
3. Научная электронная библиотека (НЭБ): http://elibrary.ru/defaultx.asp
4. Электронно-библиотечная система «Znanium» http://znanium.com/
5. БД российских журналов East View : http://dlib.eastview.com
6. Базы данных компании EBSCO Publishing: http://search.ebscohost.com/
7. БД российских научных журналов на Elibrary.ru (РУНЭБ): http://elibrary.ru/defaultx.asp.
8. http://www.scopus.com/home.url
9. Web of Science webofknowledge.com

10.3 Периодические издания

1. Сетевое научное издание «Системный анализ в науке и образовании» (свидетельство о регистрации Эл № ФС77-51141 от 14 сентября 2012 г.).
2. Вестник Международного университета природы, общества и человека "Дубна" / гл. ред. Е.Н. Черемисина. – Дубна: Международный университет природы, общества и человека "Дубна".- (Системный анализ в современном обществе). – Журнал.
3. Программные продукты и системы: научно-практическое издание. / гл. ред. С.В. Емельянов. – Тверь: МНИИПУ. – Журнал. – Международное научно- практическое приложение к журналу "Проблемы теории и практики управления".

10.4 Профессиональные ресурсы сети «Интернет» Сообщество аналитиков: http://www.uml2.ru/.

Материалы IT-портала Центра информационных технологий http://www.citforum.ru.

10.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение

Лицензионное программное обеспечение: MS Power Point, MS Excel, MS Word.

10.4. Описание материально-технической базы

Лекционные занятия

Специальные помещения: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля

Аудитория укомплектована: специальной (учебной мебелью) на 80 посадочных мест, доской, персональным компьютером (без маркировки), проектором.

"Практические занятия/семинары

Специальные помещения: Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, организаций самостоятельной работы, в том числе, научно исследовательской. Аудитория укомплектована:специальной (учебной мебелью) на 12 посадочных мест, доской, компьютерами с мониторами.

Специализированный компьютерный класс подключенный к сети Интернет и к локальной сети университета, обеспечивающей доступ к программному обеспечению и ЛМС системы MOODLE для проведения семинарских занятий.

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

- обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: функцию «сенсорная клавиатура», «управление указателем мыши с клавиатуры», специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами или накладки «Клавита»;

- обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочитать тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера.

Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные средства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скринридеры для прочтения текстовой информации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранного диктора» на персональном компьютере с операционной системой Windows 7, 8, 10, Vista, XP.

Студенты с полным отсутствием зрения могут использовать тексты, напечатанные шрифтом Брайля, а для набора текста на компьютере – клавиатуры Брайля;

- обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться индивидуальными техническими средствами (аппараты «Глобус», «Монолог», индивидуальными слуховыми аппаратами, компьютерной аудиогарнитурой, наушниками и др.) при прослушивании необходимой информации, а также услугами сурдопереводчика.

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебники, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа,
– в форме аудиофайла,
– в печатной форме на языке Брайля.
Для лиц с нарушениями слуха:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа,
– в форме аудиофайла).

Полное описание аудиторий для реализации образовательной программы по данной дисциплине представлено в Справке материально-технического обеспечения текущего года обучения.

11. Язык преподавания

Дисциплина изучается на русском языке.

Приложение 1.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В обеспечении качества обучения и воспитания студентов, подготовки в конечном итоге нужного специалиста многое зависит от того, как организован образовательный процесс, как он оснащен материально-технически, информационно-технологически, учебно-методически; каков сам вуз, его имидж, опыт и традиции; каков потенциал профессорско-преподавательского состава и учебно-вспомогательного персонала, какова морально-психологическая и деловая атмосфера в нем, какие педагогические устои здесь выработаны. Среди отмеченных условий и предпосылок, необходимых для качественной подготовки специалиста по прикладной математики и информатики, как и всякого иного специалиста высшей квалификации, решающее значение принадлежит научно-педагогическому составу вуза в целом и каждому преподавателю в отдельности, т.е. тем, кому дано не только учить, но и оценивать, аттестовать студента по всем параметрам учебы и практики, тем самым оценивать и самого себя.

Грамотное и продуманное учебно-методическое обеспечение процесса преподавания является важным компонентом успешного изучения любой учебной дисциплины, и, безусловно, сказанное в полной мере относится и к дисциплине «Параллельные вычисления на графических процессорах».

Для повышения эффективности процесса обучения преподавателю, ведущему дисциплину «Параллельные вычисления на графических процессорах» очень важно использовать возможности межпредметных связей дисциплины с другими специальными и общепрофессиональными дисциплинами учебного плана подготовки по прикладной математике и информатики.

Кроме того, при преподавании дисциплины «Параллельные вычисления на графических процессорах», достаточно важно обратить внимание на такой методический принцип – как «доведение задачи до числа».

Методические рекомендации преподавателю по подготовке и проведению лекций.

Традиционно подготовка вузовской лекции предполагает определение цели изучения материала по данной теме; составление плана изложения материала; - определение основных понятий темы; подбор основной литературы к теме.

При подготовке лекции важно временное планирование, определение четко по времени каждой структурной часть лекции и строгое выполнение этого времени в аудитории. Чтобы загруженность материалов вопросов плана лекции была более-менее равномерной, необходимо уже при этой работе определять места с отсылкой к самостоятельному изучению студентами части материала или повторения проблемы, вынесенной в лекцию.

При планировании лекционных вопросов необходимо хорошо продумать и четко обозначить связки между располагаемым в них материалом, чтобы лекция получилась логически выстроенной и органичной. Часть материала рационально давать через схемы, начерченные (лучше заранее) на доске или представленные на слайдах Power Point.Схемы можно использовать для лучшего усвоения. При этом нужно помнить, что схема несет большую смысловую нагрузку и выстраивать ее необходимо продуманно и четко.

Рекомендуется использовать современные технические средства обучения, позволяющие демонстрировать заранее подготовленные демонстрационные материалы (например, в форме презентаций PowerPoint). На доску целесообразно вынести основные термины и понятия темы.

Читая лекцию, желательно разделять в тексте вопросы плана, чтобы у студентов в конспекте выстроилась четкая структура материала, чтобы легче было ориентироваться

в конспекте при подготовке к семинару и экзамену. Содержание вынесенных на доску основных терминов и понятий по ходу лекции необходимо обязательно раскрыть.

Основные положения и выводы лекции рекомендуется повторять, ибо они и есть каркас любого конспекта. Интонации голоса лектора должны быть рассчитаны на помещение и акустику лекционной аудитории, дикция четкая, размеренная.

Особое внимание стоит обратить на проветривание помещений до уровня свежего воздуха в аудитории, так как работа головного мозга без достаточного доступа кислорода затруднена, особенно при решении задач по математическим дисциплинам.

Закончить лекцию необходимо хорошо продуманными четкими выводами.