

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Параллельное программирование с использованием технологии CUDA

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы
Акустика

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ФТД.02 Параллельное программирование с использованием технологии CUDA является факультативом в образовательной программе.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства | |
|---|--|---|------------------------------------|---|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла | УК-2.1: Понимает структуру жизненного цикла проекта УК-2.2: Организует жизненный цикл проекта в соответствии с его спецификой | УК-2.1: Знать основные возможности компьютеров для решения научных задач в области физики и радиофизики, а также новейший отечественный и зарубежный опыт в области параллельного программирования. Уметь использовать компьютерные программы и системы, а также компьютерное оборудование для параллельных вычислений в области физики и радиофизики. Владеть языками программирования и библиотеками программ для решения задач параллельного программирования в области физики и радиофизики. УК-2.2: Знать основные возможности компьютеров для решения научных задач в области физики и радиофизики, а также новейший отечественный и зарубежный опыт в области параллельного программирования. Уметь использовать компьютерные программы и системы, а также компьютерное оборудование | Задачи | Зачёт: Контрольные вопросы Задачи |

| | | | | |
|---|--|---|--------|--|
| | | <p>для параллельных вычислений в области физики и радиофизики.</p> <p>Владеть языками программирования и библиотеками программ для решения задач параллельного программирования в области физики и радиофизики.</p> | | |
| ОПК-3: Способен применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности. | <p>ОПК-3.1: Использует компьютерные программы и системы, компьютерное оборудование, а также новейшие отечественные и зарубежные информационные технологии, программные и сетевые продукты для решения задач в области физики и радиофизики</p> <p>ОПК-3.2: Применяет языки программирования и библиотеки программ для решения задач профессиональной деятельности в области физики и радиофизики</p> | <p>ОПК-3.1:</p> <p>Знать и понимать фундаментальные концепции, углубленные теоретические и практические понятия и методы в области параллельных вычислений в физике и радиофизике.</p> <p>Уметь применять современный математический аппарат, использовать углубленные теоретические и практические понятия из области параллельных вычислений в физике и радиофизике.</p> <p>Получить опыт алгоритмизации и программирования при параллельных вычислениях в области физики и радиофизики.</p> <p>ОПК-3.2:</p> <p>Знать и понимать фундаментальные концепции, углубленные теоретические и практические понятия и методы в области параллельных вычислений в физике и радиофизике.</p> <p>Уметь применять современный математический аппарат, использовать углубленные теоретические и практические понятия из области параллельных вычислений в физике и радиофизике.</p> <p>Получить опыт алгоритмизации и</p> | Задачи | <p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p> |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | программирования при параллельных вычислениях в области физики и радиофизики. | | |
|--|--|---|--|--|

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|--------------------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 1 |
| Часов по учебному плану | 36 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 0 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 3 |
| Промежуточная аттестация | 0 Зачёт |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе | | | |
|---|--------------|--|--|--------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| Тема 1. История развития параллельной обработки | 2 | | 1 | 1 | 1 |
| Тема 2. Среда разработки | 3 | | 3 | 3 | |
| Тема 3. Параллельное программирование в CUDA | 6 | | 6 | 6 | |
| Тема 4. Константная и текстурная память | 5 | | 4 | 4 | 1 |
| Тема 5. Взаимодействие с графикой | 4 | | 4 | 4 | |
| Тема 6. Атомарные операции | 4 | | 4 | 4 | |
| Тема 7. Блокированная память CPU | 4 | | 4 | 4 | |
| Тема 8. Инструментальные средства CUDA | 7 | | 6 | 6 | 1 |

| | | | | | |
|------------|----|---|----|----|---|
| Аттестация | 0 | | | | |
| КСР | 1 | | | 1 | |
| Итого | 36 | 0 | 32 | 33 | 3 |

Содержание разделов и тем дисциплины

-

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор материала семинарских занятий,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- составление алгоритмов и программирование на компьютере при решении задач

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции УК-2:

Задачи для текущего контроля совпадают с задачами для промежуточной аттестации

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

Задачи для текущего контроля совпадают с задачами для промежуточной аттестации

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Задача решена либо дан ход решения |
| не зачтено | Отказ от ответа, даны критичные ошибки при ответе |

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|--|---|--|--|---|--|---|--|
| | не зачтено | | зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|---------|-------------|--|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше |

| | | |
|-------------------|----------------------------|--|
| | | предусмотренного программой |
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |
| | удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-2

1. Константная память.
2. Глобальная память.
3. Разделяемая память.
4. Реализация на CUDA базовых операций над массивами reduce, scan.
5. Реализация на CUDA построения гистограмм и сортировки.
6. Архитектура GPU, основы PTX.
7. Текстурная память.
8. Взаимодействие с OpenGL.
9. Оптимизация кода.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Многоядерные и многопроцессорные системы.
2. Графическое процессорное устройство.
3. Модель программирования в CUDA. Расширения языка C.

4. CUDA host API.
5. Замеры времени на GPU, CUDA events.
6. Атомарные операции в CUDA.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Дан ответ на вопросы, возможны не критичные ошибки |
| не зачтено | Отказ от ответа, даны критичные ошибки при ответе |

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции УК-2

1. Поразрядная сортировка
2. Использование библиотеки CUDPP для сортировки
3. Преобразования цвета изображения
4. Фильтрация изображения.
5. Обнаружение границ изображения.
6. Масштабирование изображений
7. Моделирование теплообмена.
8. Анимация волн.
9. Моделирование теплообмена с использованием интероперабельности с графикой.
10. Вычисление скалярного произведения с применением нуль-копируемой памяти.
11. Применение библиотеки CUFFT.
12. Применение библиотеки CUBLAS.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Сложение векторов.
2. Сложение векторов с использованием нитей.
3. Создание эффекта волн с использованием нитей.

4. Скалярное произведение.
5. Перемножение матриц
6. Умножение матрицы на транспонированную
7. Параллельная редукция
8. Реализация нахождения префиксной суммы на CUDA
9. Использование библиотеки CUDPP для нахождения префиксной суммы
10. Трассировка лучей.
11. Построение гистограммы
12. Битоническая сортировка

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|------------------------------------|
| зачтено | Задача решена либо дан ход решения |
| не зачтено | Задача не решена, отказ от ответа |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Малявко Александр Антонович. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA : Учебное пособие для академического бакалавриата / Малявко А. А. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2018. - 115 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-02916-1 : 279.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=571395&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Бахвалов Николай Сергеевич. Численные методы : учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей вузов. - 7-е изд. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 636 с. : ил. - (Классический университетский учебник : осн. в 2002 г. / МГУ им. М. В. Ломоносова ; ред. совет : В. А. Садовничий (пред.) [и др.]). - ISBN 978-5-9963-0449-3 : 255.00., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Microsoft Visual Studio
2. Microsoft MPI

3. <http://cyberleninka.ru>
4. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library>
5. www-unix.mcs.anl.gov/mpi/tutorial
6. <http://www.informika.ru/text/teach/topolog/index.htm>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Жуков Сергей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Бакунов Михаил Иванович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.