

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

Нелинейные колебания и волны

---

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: Знает основные методологические принципы и методы исследовательской деятельности при создании проекта, взаимосвязи методов научного исследования различных видов человеческого знания; понятия и структуры научной школы, научного сообщества, научной сферы общества; структуры и специфики научной деятельности; основы составления научных текстов и критерии научной информации.  УК-2.2: Умеет выявлять проблему, на решение которой будет направлен проект, выбирать метод исследования, обрабатывать полученные результаты и готовить отчет как завершающую стадию проекта. Владеет навыками проектирования исследовательской деятельности	Опрос	Зачёт: Задания
ОПК-3: Способен применять современные информационные	ОПК-3.1: Использует компьютерные программы и системы, компьютерное оборудование, а также	ОПК-3.1: Имеет опыт применения и навыки установки и инсталляции программных	Опрос	Зачёт: Задания

технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности.	новейшие отечественные и зарубежные информационные технологии, программные и сетевые продукты для решения задач в области физики и радиофизики ОПК-3.2: Применяет языки программирования и библиотеки программ для решения задач профессиональной деятельности в области физики и радиофизики	комплексов Имеет опыт использования средств информационных технологий, позволяющих самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности, новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение.  ОПК-3.2: Знает и понимает фундаментальные концепции, углубленные теоретические и практические понятия и методы в области информационных технологий и прикладной математики, методику установки и администрирования информационных систем и баз данных. Применяет языки программирования и библиотеки программ для решения задач профессиональной деятельности в области физики и радиофизики		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

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

### 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/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Существующие многоядерные системы. Эволюция GPU, GPGPU.	2	0	2	2	0
2. Модель программирования в CUDA. Программно-аппаратный стек CUDA.	7	0	6	6	1
3. Инструментарий CUDA	12	0	12	12	0
4. Иерархия памяти в CUDA.	7	0	6	6	1
5. Реализация на CUDA базовых операций над массивами	7	0	6	6	1
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	36	0	32	33	3

#### Содержание разделов и тем дисциплины

- Многоядерные системы. Intel Core 2 Duo и Intel Core i7. Архитектура SMP. BlueGene/L. Архитектура GPU. Эволюция GPU
- Основные понятия. Расширения языка C. Спецификаторы функций и переменных. Добавленные типы. Добавленные переменные. Директива вызова ядра. Добавленные функции. Основы CUDA host API. CUDA driver API. CUDA runtime API. Основы работы с CUDA runtime API. Получение информации об имеющихся GPU и их возможностях.
- Установка CUDA на компьютер. Компиляция программ на CUDA. Замеры времени на GPU, CUDA events. Атомарные операции в CUDA. Атомарные арифметические операции. Атомарные побитовые операции. Проверка статуса нитей warp'а.
- Типы памяти в CUDA. Работа с константной памятью. Работа с глобальной памятью. Пример: построение таблицы значений функции с заданным шагом. Пример: транспонирование матрицы. Пример: перемножение двух матриц. Оптимизация работы с глобальной памятью. Задача об N телах. Работа с разделяемой памятью. Оптимизация задачи об N телах. Пример: перемножение матриц. Паттерны доступа к разделяемой памяти. Пример: умножение матрицы на транспонированную.
- Параллельная редукция. Нахождение префиксной суммы (scan). Реализация нахождения префиксной суммы на CUDA. Использование библиотеки CUDPP для нахождения префиксной суммы. Построение гистограммы. Сортировка. Битоническая сортировка. Поразрядная сортировка. Использование библиотеки CUDPP.

#### 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.

Боресков А. В., Харламов А. А. Основы работы с технологией CUDA. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 232 с.: ил.

Сандерс Дж., Кэндрот Э. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 232 с.: ил.

Жуков С.Н., Жукова И.С. Практические аспекты параллельного программирования для персональных компьютеров. Н.Новгород: Издательство ННГУ. 2023. 36 с.

## **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 - Опрос) для оценки сформированности компетенции УК-2:**

Опрос по теме предыдущего занятия

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:**

Выполнение домашнего задания

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Знание основного материала курса без грубых ошибок и погрешностей.
не зачтено	Отсутствие знания материала курса или наличие грубых ошибок в изложении основного материала курса.

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

#### **Шкала оценивания сформированности компетенций**

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

ения компет							
<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 и 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	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».

	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	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 - Задания) для оценки сформированности компетенции УК-2

Выполнить задание. Реализовать алгоритм преобразования Фурье для непериодического сигнала, построить амплитудный и фазовый спектры сигнала и найти коэффициент ускорения вычислений.

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

Создать алгоритмы и программные коды для решения задания. При выполнении задания необходимо использовать технологию CUDA. После выполнения задания представить и защитить отчет по выполненной работе.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Знание основного материала курса без грубых ошибок и погрешностей.
не зачтено	Отсутствие знания материала курса или наличие грубых ошибок в изложении основного материала курса.

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

Основная литература:

1. Жуков Сергей Николаевич. Практические аспекты параллельного программирования для персональных компьютеров : учебно-методическое пособие / С. Н. Жуков, И. С. Жукова ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2023. - 36 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=877261&idb=0>.
2. Параллельные вычисления на GPU : архитектура и программная модель CUDA : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Приклад. математика и информатика" и 010300 "Фундам. информатика и информ. технологии" / МГУ им. М. В. Ломоносова. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 2012. - 336 с. - (Суперкомпьютерное образование : СКО). - На обл. кн.: Суперкомпьютерный консорциум университетов России. - Авт. указ. на обороте тит.

л. - ISBN 978-5-211-06340-2 : 180.00., 5 экз.

3. Основы работы с технологией CUDA / Боресков А.В., Харламов А.А. - Москва : ДМК-пресс, 2010., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=636496&idb=0>.

4. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров / Сандерс Дж., Кэндрот Э. - Москва : ДМК-пресс, 2011., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=647163&idb=0>.

5. Параллельные вычисления. Технологии и численные методы : учеб. пособие : в 4 т. Т. 2. Технология OpenMP. Технология Cilk Plus. Библиотека Intel ArBB. Библиотека TBV. Технология CUDA. Технология OpenCL / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 367 с. - ISBN 978-5-91326-203-5 : 257.26., 52 экз.

Дополнительная литература:

1. Мультипроцессорные системы и параллельные вычисления / под ред. Ф. Г. Энслоу ; пер. с англ. Ю. С. Голубева-Новожилова, А. Л. Щерса. - М. : Мир, 1976. - 383 с. : ил. - 1.97., 2 экз.

2. Тоуманен Б. Программирование GPU при помощи Python и CUDA : монография / Тоуманен Б. - Москва : ДМК-пресс, 2020. - 254 с. - ISBN 978-5-97060-821-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=736059&idb=0>.

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

<https://visualstudio.microsoft.com/>

<http://anaconda.com/>

<https://developer.nvidia.com/cuda-toolkit>

## **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.