

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор высшей школы  
программной инженерии  
А.В. Малеев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Вычисления на графических процессорах при помощи C++/CUDA
<b>по направлению:</b>	Программная инженерия
<b>профиль подготовки:</b>	Разработка программно-информационных систем высшая школа программной инженерии высшая школа программной инженерии
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 48 час.

Всего часов: 108, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.А. Жмуров, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании высшей школы программной инженерии 14.03.2025

## Аннотация

Этот курс посвящен основам разработки программного обеспечения. Правильный дизайн - важная часть любого проекта. Этот курс охватывает основы языка программирования Python, основные концепции и языковые конструкции. Наряду с этим этот курс предоставляет инструменты для использования языка программирования Python в сложных проектах. Вы получите представление о правильном дизайне кода, поддержании кодовой базы и интеграции ваших приложений с другими.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- Научитесь писать эффективный и читаемый код.
- Изучите передовой опыт разработки программного обеспечения.
- Получите необходимый опыт работы с Python.
- Привыкайте к тестированию и документированию кода.
- Будьте готовы внедрить методы машинного обучения и глубокого обучения.

#### Задачи дисциплины

- Разработка программного обеспечения
- Python
- Тестирование
- Работа в разных средах.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Способен использовать информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью	ОПК-4.1 Знает основные правила оформления технической документации на различных стадиях жизненного цикла информационной системы
	ОПК-4.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
ОПК-8 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ОПК-8.3 Умеет оптимизировать и проводить рефакторинг существующего кода для улучшения производительности и поддержки
ПК-5 Способен проектировать, разрабатывать, внедрять, сопровождать и снимать с эксплуатации информационные системы	ПК-5.1 Умеет описывать архитектуру, устройство и функционирование информационных систем
	ПК-5.2 Умеет определять оптимальные методы и инструменты разработки, внедрения и адаптации прикладного программного обеспечения информационных систем
	ПК-5.3 Умеет разрабатывать прототип информационных систем в соответствии с требованиями и проводить его тестирование для проверки корректности архитектурных решений

ПК-5.4 Имеет практический опыт разработки, внедрения и адаптации прикладного программного обеспечения информационных систем в различных программных средах

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- представление о строении, функционировании зрительного анализатора;
- представление о психофизиологических и информационных моделях бинокулярного зрения;
- принципы функционирования видеоинтерфейса применительно к системам VR/AR.

уметь:

- принципы функционирования и методологию разработки распределенных систем применительно к задачам создания систем VR/AR;
- строение и принципы функционирования существующих и перспективных графических API.

владеть:

- методологией разработки ПМО всех звеньев систем VR/AR (включая графическое ядро, подсистемы управления виртуальной средой, видеоинтерфейс и др.);
- объектно-ориентированной методологией проектирования и разработки программного кода для всего спектра задач создания систем VR/AR.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение. Основные концепты	4	4		6
2	Архитектура GPU	4	4		7
3	Взаимодействие с CPU	4	4		7
4	Коммуникация внутри GPU	4	4		7
5	Использование стандартных библиотек CUDA	4	4		7
6	Отладка и профилирование CUDA-программ	4	4		7
7	Коммуникация между GPU (NCCL)	6	6		7
Итого часов		30	30		48
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		108 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 4 (Весенний)

##### 1. Введение. Основные концепты

Основные концепции параллельных вычислений. Сравнение CPU и GPU: принципы работы, ключевые отличия, области применения.

## 2. Архитектура GPU

Иерархия вычислителей. Иерархия памяти GPU.

## 3. Взаимодействие с CPU

Копирование данных между CPU и GPU. Запуск вычислений и механизмы синхронизации.

## 4. Коммуникация внутри GPU

Механизмы синхронизации потоков. Shared memory и другие аспекты внутрипроцессорного взаимодействия.

## 5. Использование стандартных библиотек CUDA

Основные библиотеки и их возможности. Оптимизация вычислений с помощью библиотек.

## 6. Отладка и профилирование CUDA-программ

Инструменты профилирования и анализа производительности. Методы выявления узких мест и оптимизация кода.

## 7. Коммуникация между GPU (NCCL)

Взаимодействие нескольких GPU. Использование NCCL для эффективного обмена данными между устройствами.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Стандартная аудитория

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA, Электронная версия печатной публикации / А. В. Боресков, А. А. Харламов, Н. Д. Марковский, Д. Н. Микушин. — Москва, МГУ имени М. В. Ломоносова, 2015

Дополнительная литература

1. Основы работы с технологией CUDA, Электронная версия печатной публикации / А. В. Боресков, А. А. Харламов. — Москва, ДМК Пресс, 2010

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<https://docs.nvidia.com/cuda/cuda-c-programming-guide/index.html>

[https://horace.io/brrr\\_intro.html](https://horace.io/brrr_intro.html)

<https://www.amazon.com/Programming-Massively-Parallel-Processors-Hands/dp/0323912311>

<https://docs.nvidia.com/cuda/cuda-runtime-api/index.html>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Мультимедийные технологии можно использовать на лекциях и практических занятиях, в том числе на презентациях.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к практическим занятиям, выполнение нескольких индивидуальных домашних заданий.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде письменных опросов по теории. Кроме этого в ходе освоения курса студент должен выполнить проект, содержащий несколько взаимосвязанных заданий с их последующей защитой.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Программная инженерия
<b>профиль подготовки:</b>	Разработка программно-информационных систем высшая школа программной инженерии высшая школа программной инженерии
<b>курс:</b>	<u>2</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** А.А. Жмуров, канд. физ.-мат. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Способен использовать информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью	ОПК-4.1 Знает основные правила оформления технической документации на различных стадиях жизненного цикла информационной системы
	ОПК-4.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
ОПК-8 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ОПК-8.3 Умеет оптимизировать и проводить рефакторинг существующего кода для улучшения производительности и поддержки
ПК-5 Способен проектировать, разрабатывать, внедрять, сопровождать и снимать с эксплуатации информационные системы	ПК-5.1 Умеет описывать архитектуру, устройство и функционирование информационных систем
	ПК-5.2 Умеет определять оптимальные методы и инструменты разработки, внедрения и адаптации прикладного программного обеспечения информационных систем
	ПК-5.3 Умеет разрабатывать прототип информационных систем в соответствии с требованиями и проводить его тестирование для проверки корректности архитектурных решений
	ПК-5.4 Имеет практический опыт разработки, внедрения и адаптации прикладного программного обеспечения информационных систем в различных программных средах

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Вычисления на графических процессорах при помощи C++/CUDA» обучающийся должен:

### знать:

- представление о строении, функционировании зрительного анализатора;
- представление о психофизиологических и информационных моделях бинокулярного зрения;
- принципы функционирования видеоинтерфейса применительно к системам VR/AR.

### уметь:

- принципы функционирования и методологию разработки распределенных систем применительно к задачам создания систем VR/AR;
- строение и принципы функционирования существующих и перспективных графических API.

### владеть:

- методологией разработки ПМО всех звеньев систем VR/AR (включая графическое ядро, подсистемы управления виртуальной средой, видеоинтерфейс и др.);
- объектно-ориентированной методологией проектирования и разработки программного кода для всего спектра задач создания систем VR/AR.

### 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В чем разница между изменяемыми и неизменяемыми объектами в Python? Каковы преимущества использования изменяемых или неизменяемых типов? Что такое «вызов по назначению»?

2. Что такое закрытие в Python? Когда мы сможем это использовать?
3. Что такое декоратор в Python? Как реализовать собственный декоратор? (Декоратор с параметрами)
4. Что такое диспетчер контекста в Python? использование
5. Генераторы и итераторы в питоне? Реализация, использование
6. Наследование классов, тпо, миксины
7. GIL
8. Многопроцессорность и многопоточность, в чем разница
9. Как мы можем сделать частные атрибуты в классе?
10. Интерфейс класса для создания хешируемых объектов.

### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Докажите, что если  $m, n$  - два взаимно простых целых числа разной четности, то числа  $m^2 - n^2$  и  $2mn$  также взаимно просты.
2. Напишите и докажите общую формулу для количества различных представлений данного целого числа  $n$  в виде суммы двух квадратов. (Представители, которые не получены друг от друга путем изменения знаков и порядка слов, считаются разными.)
3. На основе полученной формулы выведите нижнюю границу максимального числа равных расстояний между заданными  $n$  точками на плоскости, используя правильную прямоугольную решетку.
4. Постройте правильный пятиугольник с помощью циркуля и линейки.
5. Постройте правильный 15-угольник, используя циркуль и линейку.
6. Вам дается один сегмент. Требуется построить с помощью циркуля и линейки отрезок длины  $x$ , удовлетворяющий уравнению
7. Основываясь на предыдущем задании, докажите, что правильный семиугольник нельзя построить с помощью циркуля и линейки.
8. Докажите, что трисекция угла невозможна.
9. Опишите все возможные комбинации количества черных и белых шаров в урне для голосования, чтобы при случайном вылове двух шаров в выборке без возврата, вероятность вылова двух белых шаров составляла точно 0,5.
10. Рассмотрим соотношение сторон  $a, b, c$  треугольника, в котором треугольник с вершинами в основании биссектрис равнобедренный. Предполагая, что стороны, сходящиеся на стороне с большого треугольника, равны, сведем это соотношение к следующему
11. Далее мы рассматриваем куб, определяемый первым из трех уравнений (отказ от требования, чтобы  $a, b, c$  были сторонами треугольника). Покажите, что полученный куб неразложим, то есть определяющий его многочлен не учитывается.
12. В дополнение к этому, покажите, что наш куб неособен, то есть нет ни одной точки на его проективизации, в которой каждое направление касалось бы (или того же самого, в котором все три первые частные производные многочлена, определяющего его, вырождают).

Примеры экзаменационных билетов

Билет №1

1. Напишите и докажите общую формулу для количества различных представлений данного целого числа  $n$  в виде суммы двух квадратов.
2. Докажите, что трисекция угла невозможна.



1. Рассмотрим соотношение сторон  $a$ ,  $b$ ,  $c$  треугольника, в котором треугольник с вершинами в основании биссектрис равнобедренный.
2. Опишите все виды комбинаций чисел черных и белых шаров в урне для голосования, чтобы, если два шара случайно выловлены в выборке и не вернулись, вероятность вылова двух белых шаров была точно 0,5.

### Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» выставляется студенту, проявившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материала образовательной программы, самостоятельно выполнившему все задания, предусмотренные программой, глубоко изучившему основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой. , активно работает в классе и понимает основные научные концепции по изучаемой дисциплине, проявил творческий подход и научный подход в понимании и представлении материала образовательной программы, ответ на который характеризуется использованием богатых и адекватных терминов, а также последовательным и логичным изложением материала;

Оценка «отлично (9)» выставляется студенту, который продемонстрировал всестороннее систематическое знание материала образовательной программы, самостоятельно выполнил все задачи, предусмотренные программой, глубоко усвоил основную литературу и знаком с рекомендуемой дополнительной литературой. по программе, активно проработал на занятиях, показал системность знаний по дисциплине, достаточную для дальнейшего изучения, а также умение самостоятельно расширять ее, ответ которой отличается точностью используемых терминов, а изложение материала в нем последовательное и логичное;

Оценка «отлично (8)» выставляется студенту, который проявил полное знание материала образовательной программы, не допускает существенных неточностей в своем ответе, самостоятельно выполнил все задания, предусмотренные программой, изучил основную литературу, рекомендованную учебной программой. программа, активно проработанная на занятиях, показала системность его знаний по дисциплине, достаточных для дальнейшего изучения, а также способность самостоятельно их усиливать;

Оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, который проявил достаточно полное знание материала образовательной программы, не допускает существенных неточностей в ответе, самостоятельно выполнил все задания, предусмотренные программой, изучил основную рекомендованную литературу по программе, активно работал на занятиях, проявил системность своих знаний по дисциплине, достаточных для дальнейшего изучения, а также способность самостоятельно их усиливать;

Оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, который проявил достаточно полное знание материала образовательной программы, не допускает существенных неточностей в своем ответе, самостоятельно выполнил основные задачи, предусмотренные программой, изучил основную литературу. рекомендован программой, показал систематичность своих знаний по дисциплине, достаточную для дальнейшего изучения;

Оценка «хорошо (5)» дается студенту, продемонстрировавшему знание материала основной образовательной программы в объеме, необходимом для дальнейшего обучения и будущей работы по профессии, который, не проявляя достаточной активности на уроках, тем не менее самостоятельно выполнял, овладел основными задачами, предусмотренными программой, освоил основную литературу, рекомендованную программой, допустил ошибки в их выполнении и ответе во время тестирования, но имеет необходимые знания для исправления этих ошибок самостоятельно;

Оценка «удовлетворительно (4)» дается студенту, обнаружившему знание материала основной образовательной программы в объеме, необходимом для дальнейшего обучения и будущей работы по профессии, который, не проявляя достаточной активности на уроках, тем не менее самостоятельно выполнял, выполнил основные задачи, предусмотренные программой, изучил основную литературу, но допустил ошибки в их выполнении и в своем ответе во время теста, но имеет необходимые знания для исправления этих ошибок под руководством преподавателя;

Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, проявившему знание материала основной образовательной программы в объеме, необходимом для дальнейшего обучения и будущей работы по профессии, не проявившего активности на занятиях, самостоятельно выполнившему основные задания, предусмотренные законодательством. программа, но допускающая ошибки в их выполнении и в ответе при тестировании, но обладающая необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных ошибок;

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, который показал пробелы в знаниях или недостаток знаний по значительной части материала основной образовательной программы, не выполнил самостоятельно основные задания, требуемые программой, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой задач, не имеющего возможности продолжить учебу или начать профессиональную деятельность без дополнительной подготовки по данной дисциплине;

Оценка «неудовлетворительно (1)» ставится студенту при отсутствии ответа (отказ от ответа) или когда представленный ответ не соответствует сути вопросов, содержащихся в задании.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Во время дифференцированного зачета студенту разрешается использовать программу дисциплины.