

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау
А.В. Рогачев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Методы массивно-параллельного программирования в среде CUDA для решения задач теоретической и математической физики
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Современная механика и робототехника Физтех-школа физики и исследований им. Ландау центр образовательных программ ЛФИ
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Е.Е. Перепелкин, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании центр образовательных программ ЛФИ 20.02.2025

Аннотация

Курс лекций рассчитан на широкий круг студентов, аспирантов, преподавателей ВУЗов и специалистов в различных областях математического моделирования и теоретической физики, для которых программирование не является основной специальностью, а используется ими как дополнительный инструмент в численном моделировании исследуемых задач.

В курсе изложены базовые знания, необходимые, чтобы быстро и эффективно начать писать программы на графическом процессоре (GPU) без специальной подготовки в области программирования. Курс преследует цель изложить материал на простом доступном уровне, в первую очередь, пользователям, занимающимся прикладными задачами.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины 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 дисциплины

- понимание программирования на графических процессорах, его сущности и места в системе формирования математических моделей и 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. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности

ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

базовые понятия архитектуры графических процессоров и элементов программной среды CUDA.

уметь:

использовать базовые знания по программно-аппаратному стеку CUDA для распараллеливания программного кода на GPU.

владеть:

навыками анализа программного кода на возможность его распараллеливания на графическом процессоре GPU.

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	Архитектура и программирование массивно-параллельных вычислительных систем	1	1		1
2	Гибридная модель вычислений. Типы вычислительных архитектур. Архитектура графического процессора (GPU)	2	1		1
3	Программная модель CUDA. Гибридная модель программного кода. Понятие потока, блока, сети блоков. Функция – ядро, как параллельный код на GPU	2	1		1
4	Иерархия памяти на GPU. Регистры и локальная память. Глобальная память. Шаблон работы с глобальной памятью. Использование pinned-памяти. CUDA-22потоки	2	1		1
5	Объединение запросов. Массивы с выравниванием	2	2		2
6	Разделяемая память. Шаблон работы с разделяемой памятью. Оптимизация работы с разделяемой памятью	2	2		2
7	Статические переменные. Константная память. Текстовая память	2	2		2
8	Вопросы оптимизации приложений на CUDA	1	2		2
9	Решение дифференциальных уравнений на CUDA на примере задач аэро-гидродинамики	2	2		2
10	Решение задачи магнитостатики на GPU	1	2		2
11	Метод массивно-параллельного программирования на GPU в задачах динамики пучка	2	2		2
12	Оценка потерь пучка на GPU как задача трассировки лучей	2	2		2
13	Расчет эффекта пространственного заряда пучка на GPU	2	2		2
14	Задача трассировки пучка на GPU	2	2		2
15	Нерегулярный параллелизм в задачах обработки цифрового сигнала на GPU	2	2		2
16	Режим Multi-GPU. Нейросетевые алгоритмы на GPU	2	2		2
17	Сравнение реализаций модельных задач на OpenMP, OpenACC, CUDA	1	2		2
Итого часов		30	30		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Архитектура и программирование массивно-параллельных вычислительных систем

Введение. Настройка программной среды в MSVisualStudio. Компиляция простейших примеров. для работы с CUDA.Оценка характеристик видеокарты. ComputeCapabilityвидеокарты.

2. Гибридная модель вычислений. Типы вычислительных архитектур. Архитектура графического процессора (GPU)

Написания последовательного кода для вычисления суммы ряда. Оценка времени вычисления. ПроектCUDAвMSVisualStudio.

3. Программная модель CUDA. Гибридная модель программного кода. Понятие потока, блока, сети блоков. Функция – ядро, как параллельный код на GPU

Написание последовательного кода для алгоритма перемножения квадратных матриц. Использование динамической памяти. Оценка времени выполнения. Работа с CUDAToolkit.

4. Иерархия памяти на GPU. Регистры и локальная память. Глобальная память. Шаблон работы с глобальной памятью. Использование pinned-памяти. CUDA-22потоки

Настройка проекта CUDAв среде MSVisualStudio. Компиляция примеров из CUDASDK.Примеры параллельной реализации задачи многих тел и гидродинамики.

5. Объединение запросов. Массивы с выравниванием

Написание параллельного алгоритма сложения векторов и суммирование ряда на CUDA. Оценка времени выполнения и сравнение с последовательной реализацией на CPU.

6. Разделяемая память. Шаблон работы с разделяемой памятью. Оптимизация работы с разделяемой памятью

Написание параллельного алгоритма перемножения матриц с использование глобальной памяти на CUDA. Оценка времени выполнения и сравнение с последовательной реализацией на CPU.

7. Статические переменные. Константная память. Текстурная память

Написание и оптимизация программного кода на CPU и GPU для работы с различными типами памяти на GPU. Глобальная память, L2 кэш, Read-OnlyDataкэш.

8. Вопросы оптимизации приложений на CUDA

Написание и оптимизация программного кода на CPU и GPU для работы с различными типами памяти на GPU. Разделяемая память, регистры. Конфликт банков.

9. Решение дифференциальных уравнений на CUDA на примере задач аэро-гидродинамики

Написание и оптимизация программного кода на CPU/OpenMP. Задача суммирование ряда и перемножения матриц.

10. Решение задачи магнитостатики на GPU

Написание и оптимизация программного кода на CPU/OpenMP. Задача многих взаимодействующих тел.

11. Метод массивно-параллельного программирования на GPU в задачах динамики пучка

Написание и оптимизация программного кода на CUDA для задач параллельной редукции. Работа с разделяемой памятью. Банк конфликты. Ветвление Warp.

12. Оценка потерь пучка на GPU как задача трассировки лучей

Написание и оптимизация программного кода на CUDA для перемножения матриц. 4-Байтовые и 8-Байтовые банки в разделяемой памяти. Банк конфликты на видеокартах с 16 и 32 банками. Работа планировщика warp. Алгоритмы ILP и TLP.

13. Расчет эффекта пространственного заряда пучка на GPU

Написание и оптимизация программного кода на CUDA для SLAU. Реализация с использованием глобальной памяти. Использование линейной текстурной памяти.

14. Задача трассировки пучка на GPU

Написание и оптимизация программного кода на CUDA для CHAY. Производная Фреше и непрерывный аналог метода Ньютона. Использование коаллесинга при доступе в глобальную память.

15. Нерегулярный параллелизм в задачах обработки цифрового сигнала на GPU

Написание и оптимизация программного кода на CUDA для задачи многих тел.

16. Режим Multi-GPU. Нейросетевые алгоритмы на GPU

Основные директивы OpenACC. Компиляция кода в среде OpenACC. Написание программного кода на OpenMP и GPU/OpenACC для задач перемножения матриц.

17. Сравнение реализаций модельных задач на OpenMP, OpenACC, CUDA

Написание и оптимизация программного кода на OpenMP и GPU/OpenACC для задач задачи многих тел.

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

- Экран, проектор (с HDMI выходом)
- Доступ в Интернет (WiFi подключение)
- Лазерная указка
- Компьютерный класс с видеокартами компании NVIDIA.
- На компьютерах должно быть установлено программное обеспечение для работы с CUDA.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

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

Фонд литературы кафедры:

2. 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 978-5-9710-6490-9, 2019, 240 стр.
3. Иноземцева Н.Г., Перепелкин 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.

Дополнительная литература

Рекомендуемая литература для самостоятельного изучения:

1. 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.

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

<http://www.nvidia.com>

<http://developer.nvidia.com>

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

MS Visual Studio 2019, NVIDIA Driver, CUDA ToolKit, SDK

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

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Современная механика и робототехника Физтех-школа физики и исследований им. Ландау центр образовательных программ ЛФИ
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: Е.Е. Перепелкин, д-р физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Методы массивно-параллельного программирования в среде CUDA для решения задач теоретической и математической физики» обучающийся должен:

знать:

базовые понятия архитектуры графических процессоров и элементов программной среды CUDA.

уметь:

использовать базовые знания по программно-аппаратному стеку CUDA для распараллеливания программного кода на GPU.

владеть:

навыками анализа программного кода на возможность его распараллеливания на графическом процессоре GPU.

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

1. Использование глобальной памяти на примере перемножения матриц. Оценка производительности.
2. Разделяемая память. Запись, чтение, синхронизация, скорость доступа.
3. Запись и чтение из глобальной памяти, скорость доступа.
4. Шаблоны доступа к глобальной памяти.

Примеры контрольных заданий:

1. Написать в среде CUDA программный код реализующий параллельное перемножение матриц с использованием разделяемой памяти
2. Написать в среде CUDA программный код реализующий параллельное перемножение матриц с использованием глобальной памяти
3. Написать в среде CUDA программный код реализующий параллельное перемножение матриц с использованием разделяемой памяти и алгоритмом ILP и TLP
4. Написать в среде CUDA программный код реализующий параллельное вычисление динамики системы многих частиц с гравитационным взаимодействием.
5. Написать программный код иллюстрирующий эффективность работы с pinned-памятью
6. Написать параллельный код сложения массивов с использованием асинхронного копирования данных между host/device/

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

1. Параллельные архитектуры на базе центрального процессора: Intel Core 2 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 CUDART и CUDADriverAPI.
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.

Примеры билетов

Билет 1.

1. Понятие текстуры, фильтры, преобразование типов, способы обращения
2. Задача на работу с pinned-памятью

Билет 2.

1. Понятие банков памяти, шаблоны доступа в разделяемую память.
2. Задача на работу с CUDA-Stream

Билет 3.

1. Пример параллельной редукции с последующей оптимизацией.
2. Задача на сложение матриц с использованием текстурной памяти.

Билет 4.

1. Шаблоны доступа к глобальной памяти. Понятие коалессинга.
2. Задача на сложение массивов в глобальной памяти с использованием выравнивания.

Билет 5.

1. Организация работы в режиме Multi-GPU средствами OpenMP и CUDA-Stream
2. Задача на работу с динамической разделяемой памятью.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Дифференцированный зачёт проводится в устной форме по билетам. В каждом билете представлено два теоретических вопроса. При проведении зачёта обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.