

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
_____ Турилова Е.А.
"___" _____ 20__ г.

Программа дисциплины
Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика
Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): профессор, д.н. (профессор) Хуторова О.Г. (Кафедра радиоастрономии, Высшая школа киберфизических систем и прикладной электроники), Olga.Khutorova@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

понимать возможности высокопроизводительных вычислительных систем, принципы их работы

Должен уметь:

обладать теоретическими знаниями об архитектуре суперкомпьютеров, их топологии, организации коммуникации.

Должен владеть:

навыками реализации методов параллельного программирования, используя современные средства и библиотеки.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.02.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 69 часа(ов), в том числе лекции - 34 часа(ов), практические занятия - 34 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 39 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение.	5	4	0	0	0	0	0	2

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
2.	Тема 2. Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем.	5	6	0	0	0	0	0	2
3.	Тема 3. Программная организация высокопроизводительных вычислительных систем.	5	12	0	0	0	0	0	16
4.	Тема 4. Практика программирования с использованием современных библиотек.	5	12	0	34	0	0	0	19
	Итого		34	0	34	0	0	0	39

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение.

Введение. Высокопроизводительные вычислительные системы и области их применения. Производительность вычислительных систем. Цели и назначение курса

Основные разделы курса. Методические рекомендации по изучению курса

Обзор литературы. Краткая история компьютерных технологий. Производительность суперкомпьютеров. TOP 500.

Тема 2. Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем.

Архитектура современных многопроцессорных вычислительных систем. Особенности архитектуры для увеличения производительности компьютеров. Классификации вычислительных систем Флинна. Классификации вычислительных систем по типу распределения памяти. Распределенные системы и грид-технологии. Вычисления на видеокартах. Технология Cuda/

Тема 3. Программная организация высокопроизводительных вычислительных систем.

Особенности программирования параллельных вычислений. Модели вычислений и ресурсы параллелизма. Показатели эффективности параллельного алгоритма. Законы Амдала

Этапы разработки параллельного алгоритма. Программный уровень организации параллельных вычислений. Декомпозиция (тривиальная, функциональная, по данным). Планирование коммуникаций.

Тема 4. Практика программирования с использованием современных библиотек.

Практика программирования с использованием современных библиотек на примере OpenMP. Модель программирования и Терминология OpenMP. Директивы и Основные функции OpenMP.

Директивы препроцессора. Функции OpenMP. Переменные окружения. Общая и разделяемая память. Многопоточность. Работа с циклами. Синхронизация потоков. Оценка временной сложности.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Топ-500 - <https://top500.org/>

ЦОР "высокопроизводительные вычислительные системы" - <https://edu.kpfu.ru/course/view.php?id=5612>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемому результату обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

Experimental Parallel Algorithmics - <http://www.umiacs.umd.edu/research/EXPAR/>

Лекция кластеры и MPI - <https://www.youtube.com/watch?v=LNw6dbCQrEE>

Рейтинг суперкомпьютеров СНГ - <http://top50.supercomputers.ru/>

Рейтинг суперкомпьютеров TOP500 - <http://www.top500.org/>

сайт о параллельных технологиях - <http://www.parallel.ru/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Тип занятия: ознакомление с новым материалом. Форма занятия: лекция в аудитории. Перед лекцией рекомендуется предварительно ознакомиться с программой курса, рекомендованными источниками, конспектирование рекомендованных источников с целью выделения основной цели лекции. На лекции рекомендуется краткий конспект основных моментов,

активная работа и обсуждение спорных вопросов с преподавателем.

Вид работ	Методические рекомендации
<p>практические занятия</p>	<p>занятия проводятся с целью приобретения практических навыков алгоритмизации, программирования, тестирования и отладки программ на компьютере с использованием современных технологий и инструментальных средств. Можно выделить несколько этапов, характерных для большинства задач, решаемых с помощью ЭВМ: 1. Постановка задачи; Вырабатывается точная формулировка цели задачи. Осуществляется формализация описания задачи, то есть соотношения между величинами выражаются с помощью математических формул. 2. Построение алгоритма решения. Алгоритм - конечная последовательность действий, исполнение которых позволяет за конечное время получить решение задачи. Изображение алгоритма в виде блок - схемы помогает лучше понять задачу. 3. Ввод программы в компьютер и ее трансляция Алгоритм решения задачи должен быть записан на языке программирования в выбранной среде (Например mcredit Linux, qt, MS Visual Studio). Далее следует ввод программы в компьютер. 4. Отладка программы; С устраниения из программы с помощью транслятора всех синтаксических ошибок начинается один из</p>
<p>10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)</p>	<p>можно разделить на три группы: - Синтаксические ошибки - Ошибки выполнения - Логические ошибки Приложения 3 к рабочей программе дисциплины (модуля). Ошибки выполнения возникают, когда синтаксически правильная программа совершает неверное действие (деление на ноль, обработка отсутствующих данных, нарушение диапазона значений переменной</p>
<p>11. Описание материалов учебной программы по дисциплине (модулю)</p>	<p>о таких компонентах: - Логические ошибки, как правило, являются следствием неправильности алгоритма. Они не приводят к прерыванию выполнения программы. О наличии таких ошибок можно судить только после выполнения программы по неверным результатам решения. - На этапе отладки следует предусмотреть укрупненное тестирование программы. Тест содержит набор нескольких данных, для которых решение задачи известно. Если в ходе выполнения теста получаются результаты, отличающиеся от ожидаемых, это свидетельствует о наличии логических ошибок в программе.</p>
<p>Учебные аудиторные занятия</p>	<p>осуществляются с использованием мультимедийной презентации, компьютерной мебели (столы и стулья).</p>
<p>самостоятельная работа</p>	<p>Основными видами самостоятельной работы являются: - компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.</p>
<p>12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья</p>	<p>Такая подготовка предполагает изучение учебной программы, установление связи с ранее полученными знаниями, выделение наиболее значимых и актуальных проблем, на изучении которых следует обратить особое внимание и др. ; 2) самостоятельная работа при осмыслении учебной информации, сообщаемой преподавателем, ее обобщение и краткая запись, а также своевременная доработка конспектов лекций; 3) образовательный процесс адаптируется к студентам с ограниченными возможностями с помощью восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья: 4) выяснение, при необходимости, дополнительных вопросов и их уточнение во время консультаций; 5) создание текстовой версии материала, не содержащего контента, который невозможно преобразовать в альтернативные формы, удобные для работы с контрольными занятиями, зачетам; 6) выполнение специальных учебных заданий, предусмотренных учебной программой;</p>
<p>возможность массового зачета</p>	<p>синтаксирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры. При подготовке к зачету студент должен правильно и рационально распланировать свое время, чтобы успеть качественно и на высоком уровне подготовиться к ответам по всем вопросам. Во время подготовки к зачету студент должен использовать все возможности, которые предоставляет преподаватель, чтобы ознакомиться с программными средствами, особенно в тех случаях, когда невозможно увидеть материал при личном присутствии в аудитории. Важно помнить, что все возможности учебной программы и материалы, представленные на сайте, являются частью образовательного процесса и должны использоваться в полном объеме. Студент в целях получения качественных и системных знаний должен начинать подготовку к зачету заранее. Для этого, как уже отмечалось, имеются в программе дисциплины примерные вопросы к зачету. Интерактивная контактная работа обучающегося с преподавателем, в том числе вебинары, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения выступлений с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, отводится 40 минут. На каждый вопрос студент отвечает 5-15 минут, еще 5 минут отводится на дополнительный вопрос, который может быть задан преподавателем из любого раздела курса по списку вопросов к зачету, выданных студентам.</p>
<p>увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;</p>	<p>продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;</p>

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки "Физика квантовых систем и квантовые технологии".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.02.02 Суперкомпьютеры и параллельная обработка
данных

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Основная литература:

1. Хуторова О.Г. Основы работы с библиотекой OpenMP : учебно-методическое пособие / Хуторова О.Г. - Казань: Казан. ун-т., 2022. - 26 с. - Текст : электронный. - URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/173282/F_Khutorova_OpenMP_1.pdf?sequence=-1 (дата обращения: 05.05.2022). - Режим доступа: открытый.
2. Хуторова О.Г. Основы работы с библиотекой MPI. Учебно-методическое пособие / Хуторова О.Г. - Казань: Казан. ун-т., 2022. - 32 с. - Текст : электронный. - URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/173281/Khutorova_MPI_1.pdf?sequence=-1 (дата обращения: 05.05.2022). - Режим доступа: открытый.
3. Лупин С. А. и др. Технологии параллельного программирования: Учебное пособие: 1 - Москва: Издательский Дом 'ФОРУМ', 2021 - 206 с. - URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=367811> (дата обращения: 05.05.2022).

Дополнительная литература:

1. Тептин Г. М. Введение в современные высокопроизводительные вычислительные системы [Текст: электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Тептин Г. М., Хуторова О. Г., Зинин Д. П. ФГАОУ ВПО 'Казан. (Приволж.) федер. ун-т', Ин-т физики, Каф. радиоастрономии .- [Изд. 2-е, испр.] .- Электронные данные (1 файл: 0,73 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2015) .- Загл. с экрана .-Казань, 2015. Режим доступа: только для студентов и сотрудников КФУ .- URL:http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06_45_001012.pdf
2. Топорков, В.В. Модели распределенных вычислений [Электронный ресурс] : монография. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2011. - 319 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2339
3. Федотов, И. Е. Параллельное программирование. Модели и приемы : практическое пособие / И. Е. Федотов. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2020. - 390 с. - (Серия 'Библиотека профессионала'). - ISBN 978-5-91359-222-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858781> (дата обращения: 05.05.2022). - Режим доступа: по подписке.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.02.02 Суперкомпьютеры и параллельная обработка
данных

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.