**Правительство Российской Федерации**

**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Реализация параллелизма в суперкомпьютерах

Implementation of parallelism in a supercomputers

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 066021

Санкт-Петербург

2020

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Дисциплина «Реализация параллелизма в суперкомпьютерах» является одной из основных дисциплин цикла, формирующего подготовку в области высокоэффективных вычислений на современных вычислительных системах. Она представляет собой комплекс знаний, умений и навыков, позволяющих овладеть основами теории параллельных вычислений на современных многопроцессорных компьютерах, а также получить некоторые представления о практическом применении распараллеливания, его реализуемость, оптимизацию времени работы по его созданию и отладке.  
Отдельные параметры дисциплины могут варьироваться по степени сложности в зависимости от уровня подготовки обучающихся. Дисциплина строится на принципах компетентностного, деятельностного подхода к вычислениям как средству обоснованного проведения различных расчетов, с применением высокопроизводительных компьютеров с распределенной памятью, что предполагает классификацию содержания по следующим видам деятельности: изучение основных концепций параллельных алгоритмов, изучение средств распараллеливания, изучение элементов программирования, составление алгоритмов, проведение простейших вычислений.  
Основным методологическим принципом построения программы дисциплины, равно как и всей концепции обучения основам распараллеливания в целом, является принцип поэтапного системного накопления знаний и формирования необходимых компетенций по модели: от простого и/или знакомого - к сложному и/или незнакомому, а основной методологической стратегией прохождения отдельных разделов программы является ступенчатость и цикличность, предусматривающие постепенный возврат к ранее усвоенному материалу на более высоком языковом и концептуальном уровне.  
Цель изучения дисциплины: обучение методам распараллеливания вычислений с использованием мощных вычислительных систем с распределенной памятью, развитие у обучающихся доказательного, логического мышления; знакомство с различными языками, применяемыми на упомянутых системах, подготовка к самостоятельному решению различных алгоритмических задач с использованием этих систем.  
  
Результатом учебных занятий явятся усвоение методов распараллеливания вычислений с использованием мощных вычислительных систем, развитие у обучающихся доказательного, логического мышления; знакомство с различными языками, применяемыми на упомянутых системах, возможность самостоятельно решать простые алгоритмические задачи с использованием этих систем.

**1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен иметь предварительную подготовку по дисциплинам — информатики и программирования, изучаемых на I-II курсах математико-механического факультета СПбГУ.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

Обучающийся должен знать содержание дисциплины «Реализация параллелизма в суперкомпьютерах» и обладать достаточно полным представлением о возможностях применения разделов дисциплины в различных прикладных областях науки и техники; уметь проводить вычисления на современных высокопроизводительных вычислительных системах с общей памятью в соответствии с программой курса.  
Дисциплина «Реализация параллелизма в суперкомпьютерах» развивает способности дальнейшего освоения методов распараллеливания вычислений, способами и средствами организации параллельных потоков на вычислительных системах с распределенной и общей памятью, развития навыков работы с компьютером как средством управления информацией.

Дисциплина участвует в формировании компетенций обучающихся по образовательной программе, установленных учебным планом для данной дисциплины.

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Аудиторная учебная работа: лекции в объеме 3 часа в неделю и лабораторные занятия в объеме 1 час в неделю в 5-м семестре, конце семестра предусмотрены консультация и экзамен. Интерактивная форма учебных занятий (19 часа в течение семестра) заключается в дискуссии по некоторым разделам дисциплины.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 5 | 48 |  | 2 |  | 16 |  |  |  | 2 |  |  |  | 4 |  | 36 |  | 19 | 3 |
|  | 1-25 |  | 1-25 |  | 1-25 |  |  |  | 1-25 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 48 |  | 2 |  | 16 |  |  |  | 2 |  |  |  | 4 |  | 36 |  |  | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения очная | | | | | | |
| Семестр 5 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Период обучения (модуль): Семестр 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий | Количество часов |
| I. | Об устройстве вычислительных систем  Особенности алгоритмов машинных операций с числами  Виды памяти вычислительной системы. Иерархия фрагментов памяти. Языки программирования. Переносимость программ  Производительность вычислительных систем. Узкие места. Проблемы ускорения алгоритмов вычислений. | лекции | 6 |
| лабораторные работы | 2 |
| по методическим материалам | 1 |
| II. | Многопроцессорные системы. Проблема распараллеливания алгоритмов и программ  Закон Мура. Об архитектурных решениях вычислительных систем.  Ускорение алгоритмов вычислений. Закон Амдала.  Функциональные устройства. Стоимость вычислений. Загруженность. | лекции | 8 |
| лабораторные работы | 2 |
| по методическим материалам | 1 |
| III. | Суперсложные задачи. Задачи прогноза.  Типичная суперсложная задача (модель развития атмосферных процессов). Методы и алгоритмы ее решения на параллельной системе. | лекции | 8 |
| лабораторные работы | 2 |
| по методическим материалам | 0 |
| IV. | Коммуникационная среда и ее роль при реализации вычислительных алгоритмов. О типах коммуникационных сред  Проблема синхронизации алгоритмов вычислений. Когерентность и ее поддержание  Концепция неограниченного параллелизма и ее роль. | лекции | 6 |
| лабораторные работы | 2 |
| по методическим материалам | 0 |
| V. | Распараллеливание операций линейной алгебры.  Итерационный процесс и его распараллеливание.  Распараллеливание LU-разложения  Решение СЛАУ с трехдиагональной матрицей.  Параллелизм при отыскании обратной матрицы. | лекции | 8 |
| лабораторные работы | 4 |
| по методическим материалам | 1 |
| VI. | Элементы теории графов.  Граф алгоритма и его особенности.  Граф вычислительной системы.  Направленный граф и его роль для реализации параллельного алгоритма. | лекции | 6 |
| лабораторные работы | 2 |
| по методическим материалам | 1 |
| VII. | Базовая вычислительная система.  Временная развертка алгоритма.  О средствах распараллеливания при программировании алгоритмов. | лекции | 6 |
| лабораторные работы | 2 |
| по методическим материалам | 0 |
| VIII. | Промежуточная аттестация | Консультация | 2 |
| Промежуточная аттестация (экзамен) | 2 |

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

По данной дисциплине все обучающиеся должны быть обеспечены рекомендованной литературой.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

При выполнении самостоятельной работы необходимо знать содержание дисциплины, уметь формулировать определения основных понятий, уметь применять различные методы для решения конкретных задач. При подготовке к самостоятельной работе целесообразно использовать рекомендованную обязательную и дополнительную литературу, а также сведения из сети Интернет.  
Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:  
Об устройстве вычислительных систем.  
Особенности алгоритмов машинных операций с числами.  
Виды памяти вычислительной системы. Иерархия фрагментов памяти.  
Языки программирования как средство отображения алгоритмов. Переносимость алгоритмов и программ.  
Производительность вычислительной системы. Узкие места. Проблемы ускорения алгоритмов вычислений.  
Многопроцессорные системы. Проблема распараллеливания алгоритмов и программ.  
Закон Мура. Об архитектурных решениях вычислительных систем.  
Ускорение алгоритмов вычислений. Закон Амдала.  
Функциональные устройства. Стоимость реализации алгоритмов вычислений. Загруженность.  
 Суперсложные задачи. Задачи прогноза.   
Типичная суперсложная задача. Методы и алгоритмы ее решения на параллельной системе.  
Коммуникационная среда и ее роль для реализации вычислительных алгоритмов. О типах коммуникационных сред.  
Проблема синхронизации алгоритмов вычислений. Когерентность и ее поддержание.  
Концепция неограниченного параллелизма и ее роль.  
Распараллеливание операций линейной алгебры.  
Итерационный процесс и его распараллеливание.  
Распараллеливание LU-разложения.  
Алгоритмы решения СЛАУ с трехдиагональной матрицей.  
Параллелизм при отыскании обратной матрицы.  
Элементы теории графов.  
Граф алгоритма и его особенности.  
Граф вычислительной системы.  
Направленный граф и его роль для реализации параллельного алгоритма.  
Базовая вычислительная система.  
Временная развертка алгоритма.  
О средствах распараллеливания при программировании алгоритмов.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Методика проведения экзамена.

Экзамен проводится в устной форме. Билет содержит 2 вопроса из списка вопросов к экзамену. На подготовку к ответу в аудитории отводится не менее 1 академического часа.

После ответа на вопросы билета, преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по любой теме из списка вопросов, вынесенных на экзамен. В качестве дополнительных, используются вопросы, не требующие длительного вывода и трудоемких вычислений, в том числе определения, основные формулы, основные графики. Так же в качестве дополнительного вопроса может быть предложена задача по темам, указанным выше.

Критерии выставления оценок за ответ на экзамене

Оценка **A** ставится обучающемуся, полностью овладевшему теоретическим материалом и продемонстрировавшему принципы его применения на практике. При ответе на все вопросы продемонстрировано понимание предмета вопроса, ответы полные и правильные; возможно исправление неточности после указания преподавателя.

Оценка **B** ставится обучающемуся, полностью овладевшему теоретическим материалом и в основном продемонстрировавшему принципы его применения на практике. При ответе на все вопросы продемонстрировано понимание предмета вопроса, большинство ответов полные и правильные; на остальные вопросы полный и правильный ответ получен после просьбы уточнить какие-то моменты, поступившей от преподавателя.

Оценка **С** ставится обучающемуся, достаточно полно овладевшему теоретическим материалом и в основном продемонстрировавшему принципы его применения на практике. При ответе на все вопросы продемонстрировано понимание предмета вопроса, большинство ответов полные и правильные; на остальные вопросы полный и правильный ответ получен после указания преподавателем на конкретные ошибки, неточности и неполноту.

Оценка **D** («удовлетворительно») ставится обучающемуся, имеющему пробелы в овладении теоретическим материалом или в его применении на практике, если эти пробелы не являются решающими. Ответ на один из вопросов содержит некоторые непринципиальные ошибки или не полный, причем это не было исправлено даже после указания на это преподавателя.

Оценка **E** ставится обучающемуся, имеющему пробелы как в овладении теоретическим материалом, так и в его применении на практике, если эти пробелы не являются решающими. Ответы на несколько вопросов содержат некоторые непринципиальные ошибки или не полные, причем это не было исправлено даже после указания на это преподавателем.

Оценка **F** ставится обучающемуся, имеющему существенные пробелы в овладении теоретическим материалом и в его применении на практике. Ответ на один из вопросов содержит принципиальные ошибки, или только частичный (в том числе, отсутствует), или при ответе не продемонстрировано понимание предмета вопроса.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

**Компетенции, впервые формируемые дисциплиной:**

Нет.

**Компетенции, развиваемые дисциплиной:**

ПКП-4 — способен применять современные информационные технологии при проектировании, реализации, оценке качества и анализа эффективности программного обеспечения для решения задач в различных предметных областях.

ПКП-5 — способен использовать основные методы и средства автоматизации проектирования, реализации, испытаний и оценки качества при создании конкурентоспособного программного продукта и программных комплексов, а также способен использовать методы и средства автоматизации, связанные с сопровождением, администрированием и модернизацией программных продуктов и программных комплексов.

ПКП-6 — способен использовать знания направлений развития компьютеров с традиционной (нетрадиционной) архитектурой; современных системных программных средств: операционных систем, операционных и сетевых оболочек, сервисных программ; тенденции развития функций и архитектур проблемно-ориентированных программных систем и комплексов в профессиональной деятельности.

**Компетенции, полностью сформированные по результатам освоения дисциплины:**

Нет.

Для каждой компетенции применяется линейная шкала оценивания, определяемая долей успешно выполненных заданий, проверяющих данную компетенцию

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Об устройстве вычислительных систем.
2. Особенности алгоритмов машинных операций с числами.
3. Виды памяти вычислительной системы. Иерархия фрагментов памяти.
4. Языки программирования. Переносимость алгоритмов и программ.
5. Производительность вычислительной системы. Узкие места. Проблемы ускорения алгоритмов вычислений.
6. Многопроцессорные системы. Проблема распараллеливания алгоритмов и программы
7. Закон Мура. Об архитектурных решениях вычислительных систем.
8. Ускорение работы алгоритмов вычислений. Закон Амдала.
9. Функциональные устройства. Стоимость вычислений. Загруженность.
10. Суперсложные задачи. Задачи прогноза.
11. Типичная суперсложная задача. Методы и алгоритмы ее решения на параллельной системе.
12. Коммуникационная среда и ее роль. О типах коммуникационных сред.
13. Проблема синхронизации вычислений. Когерентность и ее поддержание.
14. Концепция неограниченного параллелизма и ее роль.
15. Распараллеливание операций линейной алгебры.
16. Итерационный процесс и его распараллеливание.
17. Распараллеливание LU-разложения.
18. Решение СЛАУ с трехдиагональной матрицей.
19. Параллелизм при отыскании обратной матрицы.
20. Элементы теории графов.
21. Граф алгоритма и его особенности.
22. Граф вычислительной системы.
23. Направленный граф и его роль для реализации параллельного алгоритма.
24. Базовая вычислительная система.
25. Временная развертка алгоритма.
26. О средствах распараллеливания при программировании алгоритмов.

*Проверяемые компетенции: ПКП-4, ПКП-5, ПКП-6*

*Сформированность компетенций считается пропорционально доле успешных ответов на вопросы и выполненности заданий.*

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса применяется анкетирование в соответствии с методикой и графиком, утвержденными в установленном порядке.

**3.2.** **Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К преподаванию дисциплины могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Учебно-вспомогательный и инженерно-технический персонал должен иметь соответствующее образование и обладать навыками организации работы с пользовательскими программными продуктами в локальной сети компьютерного класса и в Интернете.

**3.3.** **Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные стандартным оборудованием, используемым для обучения в СПбГУ в соответствии с требованиями материально-технического обеспечения.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Стандартное оборудование, используемое для обучения в СПбГУ.

MS Windows, MS Office, Mozilla FireFox, Google Chrome, Acrobat Reader DC, WinZip, Антивирус Касперского.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Не требуется

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Не требуется

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски, флеш-накопители и др. в объёме, необходимом для организации и проведения занятий, по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки.

**3.4.** **Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. Параллельные вычисления. СПб. 2002.  
2. И.Г. Бурова, Ю.К. Демьянович. Алгоритмы параллельных вычислений и программирование. Курс лекций. СПб. 2007.

**3.4.2** **Список дополнительной литературы**

1. В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. Сетевые операционные системы. СПб., 2009.  
2. А. П. Пятибратов, Л. П. Гудыно, А. А. Кириченко. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. М.: Финансы и статистика, 2003.

**3.4.3** **Перечень иных информационных источников**

1. Сайт Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ: <http://www.library.spbu.ru/>
2. Электронный каталог Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ:

<http://www.library.spbu.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS>

1. Перечень электронных ресурсов, находящихся в доступе СПбГУ:

<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/>

1. Перечень ЭБС, на платформах которых представлены российские учебники, находящиеся в доступе СПбГУ:

<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?name=rures&resource_type=8>

**Раздел 4. Разработчики программы**

Демьянович Юрий Казимирович, д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой параллельных алгоритмов; y.demjanovich@spbu.ru