**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Параллельные алгоритмы решения физических задач

Parallel Algorithms for Solution of Physical Problems

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 042870

Санкт-Петербург

2020

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Обучение обучающихся методам компьютерного моделирования задач математической физики; развитие у обучающихся навыков выбора алгоритмов решения линейных и нелинейных задач в сложных геометрических областях в случае взаимодействия сред различного типа для решения на параллельных системах.

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

Первоначальное знакомство с дискретной математикой, математической логикой, теорией алгоритмов, математической физикой и интерфейсами распараллеливания.

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

***Знания:***

знать содержание дисциплины «Параллельные алгоритмы решения физических задач» и иметь достаточно полное представление о возможностях применения его разделов в различных прикладных областях науки и техники;

***Умения:***

уметь исследовать математическую задачу с точки зрения типа уравнений, возможностей разбиения ее решения на отдельные квазинезависимые элементы, выбора метода решения и обеспечения сшивки решения в неоднородных областях, а также для разработки специфических методов решения задач на параллельных системах, что необходимо делать в связи с использованием в настоящее время линейных алгоритмов;

***Навыки:***

навыки выбора формы записи уравнений математической физики и построения соответствующих методов конечных элементов и разностных схем;

развитие навыков самостоятельного решения задач;

обеспечение базы для усвоения приближенных методов вычислений и соответствующих компьютерных программ.

Знать содержание дисциплины «Параллельные алгоритмы решения физических задач». Уметь формализовывать поставленные задачи и выбирать алгоритмы решения поставленных задач, обеспечивающих эффективную реализацию, учитывающую специфику задачи.

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

В качестве основных интерактивных форм (общее количество 25 часов) предполагается проведение семинарских занятий, на которых обучающиеся будут подробно обсуждать и реализовывать рассмотренные алгоритмы.

Построение курса подразумевает освоение обучающимися современных методов распараллеливания.

**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 2 | 15 | 15 | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 44 |  | 30 |  | 25 | 3 |
|  | 1-25 | 1-25 | 1-25 |  |  |  |  |  | 1-25 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 15 | 15 | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 44 |  | 30 |  |  | 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 2 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п.** | **Наименование темы (раздела, части)** | **Вид учебных занятий** | **Кол-во часов** |
| 1 | Уравнения движения, вариационные принципы и законы сохранения в механике и физике.  Основы теории систем квазилинейных уравнений гиперболического типа с двумя независимыми переменными – методы их численного решения.  Характеристические направления.  Инварианты Римана.  Задача Коши для линейной и нелинейной систем.  Обобщенные решения. Ударные волны.  Основы теории интегральных уравнений - методы их численного решения.  Вполне непрерывные операторы, оператор Фредгольма. | лекции | 4 |
| семинары | 4 |
| самостоятельная работа по методическим материалам | 11 |
| 2 | Уравнения эллиптического типа - методы их численного решения.  Нестационарные уравнения параболического типа – методы их численного решения.  Итерационные методы решения разностных уравнений с использованием параллельных алгоритмов.  Вычислительные параллельные алгоритмы для решения нелинейных уравнений. Особенности решения систем дифференциальных уравнений.  Жесткие системы уравнений. | лекции | 6 |
| семинары | 6 |
| самостоятельная работа по методическим материалам | 11 |
| 3 | Статистические методы в механике разреженного газа, плазмы, излучающего газа и в механике сплошной среды.  Функция распределения скоростей.  Уравнения Больцмана, излучающего газа, переноса нейтронов.  Расчет интегралов столкновений.  Распараллеливание.  Метод частиц.  Распараллеливание. | лекции | 2 |
| семинары | 2 |
| самостоятельная работа по методическим материалам | 11 |
| 4 | Нейросети. пакеты, Распараллеливание.  Изменение алгоритмов при распараллеливании.  Способы приспособления линейных алгоритмов для работы на параллельных системах. Перспективы. | лекции | 3 |
| семинары | 3 |
| самостоятельная работа по методическим материалам | 11 |
| 5 | Промежуточная аттестация | самостоятельная работа | 30 |
| консультации | 2 |
| экзамен | 2 |
| **Итого** | | | **108** |

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Успешное освоение дисциплины возможно благодаря посещению лекций и семинарских занятий, участию в обсуждении рассматриваемых вопросов, самостоятельной работе, включающей в себя чтение специальной литературы по разделам темы.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа обучающихся в рамках данной дисциплины является важным компонентом обучения, предусмотренным компетентностно-ориентированным учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины.

Настоящей программой предусмотрены формы самостоятельной работы с использованием методических материалов по тематике курса и источников, указанных в обязательной и дополнительной литературе, указанных в данной программе.

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

По дисциплине в конце учебного семестра проводится экзамен.

*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** («отлично») ставится обучающемуся, полностью овладевшему теоретическим материалом и продемонстрировавшему принципы его применения на практике. Даны правильные полные ответы на вопросы билета и дополнительные вопросы. Допустимо исправление одной-двух неточностей после замечания преподавателя.

Оценка **B** («хорошо») ставится обучающемуся, полностью овладевшему основным теоретическим материалом и основными принципами его применения на практике, допустившим, однако, ошибки во второстепенных деталях. При этом обучающийся демонстрирует способность исправить ошибки после просьбы преподавателя об уточнении ошибочных утверждений.

Оценка **С** («хорошо») ставится обучающемуся, если он дал на 75 % правильный ответ на вопросы билета и дополнительные вопросы. При этом обучающийся должен показать способность активного владения теоретическим материалом и применения на практике и исправления указанных преподавателем ошибок.

Оценка **D** («удовлетворительно») ставится обучающемуся, имеющему пробелы в овладении теоретическим материалом или в его применении на практике. При этом только 60--65% ответа верна, и обучающийся испытывает затруднения с исправлением ошибок, указанных преподавателем.

Оценка **E** («удовлетворительно») ставится обучающемуся, имеющему пробелы как в овладении теоретическим материалом, так и в его применении на практике, если эти пробелы не являются решающими и обучающийся хорошо освоил более половины материала, покрытого вопросами. Обучающийся не способен исправить все неточности, замеченные преподавателем, но активно владеет освоенной частью материала.

Оценка **F** («неудовлетворительно») 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)**

*Примерный краткий перечень вопросов к экзамену.*

1. Параллельные компьютеры и вычисления (тренды в приложениях, в конструировании компьютеров, в сетевых технологиях).

2. Способы распределения заданий (центральное управление, иерархический метод, децентрализованные схемы).

3. Отображение алгоритма на вычислительную систему (балансировка, когерентность, синхронизация).

4. Примеры параллельных алгоритмов (метод конечных разностей, поиск и т.п.).

5. Структуры параллельных программ. Декомпозиция (области, функциональная, данных).

6.Коммуникация (локальная, глобальная, динамическая, асинхронная).

7. Основные системы, используемые при параллельных вычислениях (MPI, OPEN MP).

8. Получение моделей из фундаментальных законов природы

а. Сохранение массы вещества

б. Сохранение энергии

в. Сохранение количества движения

г. Сохранение момента количества движения

9. Типы описания физических объектов (полевое, дискретное, детерминированное, случайное, статистическое, классическое, квантовое).

11. Основы теории систем квазилинейных уравнений гиперболического типа с двумя независимыми переменными

12. Задача Коши для линейной и нелинейной систем.

13. Основы теории интегральных уравнений

14.Разностные методы решения линейных задач и способы распараллеливания

15. Метод конечных элементов, выбор базиса и способы распараллеливания

16. Метод частиц для разреженного газа и плазмы, способы распараллеливания

17. Выбор эталонных моделей и способы проверки численных решений.

18. Интерфейс решений физических задач.

19. Современные разностные схемы решения задач математической физики.

**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 проведению занятий привлекаются преподаватели, имеющие базовое образование и/или ученую степень, соответствующую профилю преподаваемой дисциплины.

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

Не требуется.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

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

В аудиториях, где проводятся занятия, необходимо наличие досок и средств письма на них.

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

Специальных требований нет.

**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 для доски, губки.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. В.М. Головизнин, М. А. Зайцев, С.А. Карабасов, И.А Короткин. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов. М.: Издательство Московского университета. 2013. 472 с.
2. А.В. Старченко, У.А. Данилкин, В.И Лаева, С.А. Проханов. Практикум по методам параллельных вычислений. – М.: Издательство Московского университета, 2010.
3. Ю.К. Демьянович, И.Г. Бурова, Т.О. Евдокимова, О.Н. Иванцова, И.Д. Мирошниченко. «Параллельные алгоритмы. Разработка и реализация. М., 2012.
4. Р. Миллер, Л. Боксер. Последовательные и параллельные алгоритмы. М.: Бином. 2006.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. В.В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. Параллельные вычисления. С.-Петербург. «БХВ-Петербург». 2002.
2. А.М. Липанов, Ю.Ф. Кисаров, И.Ш. Ключников. Численный эксперимент в классической гидромеханике турбулентных потоков. Екатеринбург: УрО РАН, 2001.
3. К. Н. Волков, В.Н. Емельянов. Вихревые течения. Ижевск. 2007.
4. Л.П. Фельдман, И.А. Параллельные алгоритмы численного решения задачи Коши для систем обыкновенных уравнений. Математич. моделир. 2006, т. 18, N 9, с. 17-31.
5. Vl. Katkovnik, J. Asola K Egiazarian. Discrete diffraction transform for propagation, reconstuction, and design of wave field distributions. http://sp.cs.tut.fi/cgi-bin/cgiwrap/spwww/publications.cgi?&id=6.47/17828.
6. Х. Андрэ, О.Н. Глущенко, Е.Г. Иванов, А.Н. Кудрявцев. Автоматическое параллельное построение тетраэдральных сеток с помощью декомпозиции расчетной области. Ж. Выч. Мат. и мат. физики. 2008, т.48, N8 c. 1448-1457.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

1. http://igmcs.utkedu/

**Раздел 4. Разработчики программы**

Прозорова Эвелина Владимировна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры параллельных алгоритмов СПбГУ, e.prozorova@spbu.ru.