

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета

чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/

« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Применение суперкомпьютеров в геодинамическом моделировании

Автор-составитель: Захаров В.С.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геотектоника и геодинамика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

Год (годы) приема на обучение: 2022

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Цель: раскрыть смысл ключевых понятий из области параллельных вычислений, сформировать представление о современных параллельных вычислительных архитектурах, моделях, методах и технологиях их программирования.

Задачи: приобретение студентами базового набора знаний из области параллельных вычислений, а также первичных навыков работы с современными параллельными вычислительными системами, дать представление о методах параллельных вычислений в геодиническом моделировании; дать практические навыки суперкомпьютерного моделирования в геодинике.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе дается введение в параллельные вычисления, даются основы архитектуры параллельных вычислительных систем, основы технологии параллельного программирования. Рассматривается программное обеспечение с использованием параллельных вычислений в геодинике.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП – относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам «Высшая математика», «Физика», «Общая геология», «Геотектоника», «Физика Земли», «Компьютерное моделирование геодинических процессов», «Основы механики сплошной среды для геологических исследований», «Прикладные аспекты компьютерного моделирования в геодинике».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-6.М Способен использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности (формируется частично).	М.ОПК-6. И-1. Выбирает способы обработки данных и программные средства для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности. М.ОПК-6. И-3. Использует компьютерные, в т.ч. ГИС-технологии для представления результатов исследований	знать: основы параллельной архитектуры, факторы, влияющие на производительность, программное обеспечение с использованием параллельных вычислений в геодинике. уметь: под руководством преподавателя пользоваться средствами удаленного доступа к вычислительным ресурсам коллективного пользования и запуска параллельных программ на вычислительных кластерах. владеть: базовыми навыками параллельных вычислений для задач геодиники

4. Объем дисциплины (модуля) составляет **2 з.е.**, в том числе **42** академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов лекции и 28 часов семинары), **30** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Раздел 1. Введение в параллельные вычисления	6	2		4	6					
Раздел 2. Основы архитектуры параллельных вычислительных систем.	14	2		4	6				8	8
Раздел 3. Основы технологии параллельного программирования	16	2		6	8				8	8
Раздел 4. Программное обеспечение с использованием параллельных вычислений в геодинатике.	32	8		14	22				8	10
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	4					4				
Итого	72	42				30				

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Раздел 1. Введение в параллельные вычисления. Проблематика курса.

Суперкомпьютеры, история их развития, современное состояние. Скорость вычислений в суперкомпьютерах. Понятие о параллельных вычислениях, вычислительная сложность реальных задач, параллелизм и конвейерность, история развития систем параллельных вычислений в архитектуре вычислительных систем. Структура и иерархия памяти. Показатели качества параллельных программ: ускорение, эффективность, масштабируемость. Основные этапы решения задач на параллельных вычислительных системах.

Раздел 2. Основы архитектуры параллельных вычислительных систем. Структура памяти вычислительных систем. Вычислительные системы с общей и распределенной памятью, общая схема, достоинства и недостатки разных типов организации памяти, примеры. Понятие потока и процесса, отличие потока от процесса. Параллельные вычислительные системы, их востребованность, перспективы развития и использования, ограничения. Формирования классов параллельных вычислительных систем. Проблемы создания компьютеров экзафлопсного уровня производительности.

Раздел 3. Основы технологии параллельного программирования. Схемы параллельных программ и вычислительного процесса с использованием параллельных технологий. Технологии параллельного программирования, их основные характеристики: эффективность, продуктивность, переносимость. Технологии параллельного программирования: OpenMP (Open Multi-Processing) — открытый стандарт для распараллеливания программ и MPI (Message Passing Interface) – интерфейс передачи сообщений. Структура параллельной программы при использовании этих технологий. Базовые конструкции, достоинства и недостатки, связь с архитектурой компьютера.

Раздел 4. Программное обеспечение с использованием параллельных вычислений в геодинимике. Обзор программного обеспечения, использующего параллельные вычисления для решения геодинимических задач. Citcom – конечно-разностная многопоточная модель для моделирования тепловой конвекции в двух и трехмерном пространстве. Callypso – система для моделирование функционирования геодинимико при генерации магнитного поля Земли. Underworld2 – программное обеспечение для моделирования крупномасштабных геодинимических процессов. LaMeM (Lithosphere and Mantle Evolution Model) – модель эволюции литосферы и мантии.

План проведения семинарских занятий:

1. Понятие о параллельных вычислениях.
2. Основные этапы решения задач на параллельных вычислительных системах.
3. Структура памяти вычислительных систем.
4. Основы архитектуры параллельных вычислительных систем.
5. Основы технологии параллельного программирования.
6. Технология OpenMP.
7. Технология MPI.
8. Основные методы и подходы геодинимического численного моделирования.
9. Обзор программного обеспечения, использующего параллельные вычисления для решения геодинимических задач.
10. Модель Citcom.
11. Модель Callypso.
12. Модель Underworld2.
13. Модель LaMeM.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при контрольных опросах.

Примерный перечень вопросов для текущей аттестации:

1. Понятие о параллельных вычислениях
2. Структура и иерархия памяти при параллельных вычислениях.
3. Показатели качества параллельных программ.
4. Понятие потока и процесса.
5. Схемы параллельных программ и вычислительного процесса.
6. Технологии параллельного программирования.
7. Основные характеристики параллельных программ.
8. Структура параллельной программы, базовые конструкции.
9. Основные методы и подходы геодинимического численного моделирования.
10. Пакеты программ для решения геодинимических задач.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (экзамене):

1. Понятие о параллельных вычислениях.
2. Параллелизм и конвейерность.
3. Показатели качества параллельных программ.
4. Этапы решения задач на параллельных вычислительных системах
5. Компьютеры с общей и распределенной памятью.
6. Поток, процесс, различия между ними.
7. Параллельные вычислительные системы.
8. Перспективы развития и ограничения параллельных вычислительных систем.
9. Проблемы создания компьютеров экзафлопсного уровня производительности.
10. Схемы параллельных программ.
11. Технологии параллельного программирования, их основные характеристики.
12. Технологии параллельного программирования OpenMP.
13. Технологии параллельного программирования MPI.
14. Структура программы при использовании технологий OpenMP и MPI.
15. Базовые конструкции, связь с архитектурой компьютера
16. Базовые принципы геодинимического моделирования.
17. Особенности пакета Citcom.
18. Особенности пакета Callypso .
19. Особенности пакета Underworld2.
20. Особенности пакета LaMeM.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты Обучения (соответствующие виды оценивающих средств)	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания (устный опрос): основ параллельной	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания

архитектуры, программного обеспечения с использованием параллельных вычислений в геодинاميке.				
Умения (<i>устный опрос</i>): запускать параллельные программы на вычислительных кластерах под руководством преподавателя.	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение запускать параллельные программы.	Успешное умение запускать параллельные программы.
Владения (<i>устный опрос</i>): базовыми навыками параллельных вычислений для задач геодинاميки.	Навыки владения параллельных вычислений отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки параллельных вычислений.	Владение навыками параллельных вычислений для задач геодинاميки.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. : Учеб.пособие для студентов вузов. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 599 с. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
2. Воеводин Вл.В., Жуматий С.А. Вычислительное дело и кластерные системы. М.: Изд-во МГУ, 2007. 150 с. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
3. Воеводин В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. М.: Изд-во МГУ, 2010. 166 с. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
4. Теркот Д., Шуберт Дж. Геодинاميка. В 2-х т. М., "Мир", 1985. 720 с. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).

- дополнительная литература:

1. Лацис А. Как построить и использовать суперкомпьютер. – М.: Бестселлер, 2003. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
2. Андерсон Д., Таннехилл Д., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. В 2-х т. М.: Мир, 1990. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
3. Gerya T.V. Introduction to numerical geodynamic modelling. 2nd edition. New York: Cambridge University Press. 2019, 472 p. (электронная в кафедральном фонде).
4. Ismail-Zadeh A., Tackley P.J. Computational Methods for Geodynamics. New York: Cambridge University Press. 2010. 313 p. (электронная в кафедральном фонде).
5. Turcotte D.L., Schubert G. Geodynamics. 3rd eds. Cambridge: Cambridge University Press. 2014. 626 p. (электронная в кафедральном фонде).

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

нет

- нелицензионное и свободного доступа

пакет программ Open Office

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com

- Методические и учебные пособия на сайте Иркутского суперкомпьютерного центра СО РАН hpc.icc.ru/

- Интернет-университет информационных технологий www.intuit.ru.

- Интернет-университет суперкомпьютерных технологий www.hpcu.ru.

- Сайт лаборатории Параллельных информационных технологий НИВЦ МГУ www.parallel.ru.

- Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН www.jscc.ru.

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- Computational Infrastructure for Geodynamics (CIG) <https://geodynamics.org/>

- Underworld geodynamics group <http://www.underworldcode.org/>

- Institute of Geosciences, Software. <https://www.blogs.uni-mainz.de/fb09-geosciences/geophysics-and-geodynamics/software/>

Д) Материально-технического обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

Компьютерный класс.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Захаров В.С. (сотрудник кафедры динамической геологии), преподаватели: Захаров В.С.

11. Разработчики программы: профессор Захаров В.С.