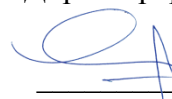


Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
в городе Сарове

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала МГУ в городе
Сарове



_____/В.В. Воеводин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

«Методы построения расчетных сеток»

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки / специальность:

02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" (3++)

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

Суперкомпьютерные технологии и фундаментальная информатика

Форма обучения:

очная

Саров 2022

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 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" программы магистратуры в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы построения расчетных сеток

Methods for constructing computational grids

2. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научно-педагогических кадров в магистратуре.

3. НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ, НАПРАВЛЕННОСТЬ (ПРОФИЛЬ) ПОДГОТОВКИ

Направление 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». Направленность (профиль) «Прикладная математика и информатика». Образовательная программа «Суперкомпьютерные технологии и фундаментальная информатика».

4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в вариативную часть магистерской образовательной программы «Суперкомпьютерные технологии и фундаментальная информатика», изучается во 3-м семестре.

5. АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются методы построения расчетных сеток различного типа для численного решения задач математической физики. Рассматриваемые методы выдержали испытание практикой и применяются для решения реальных прикладных задач. Формируются представления о том, как возникали и развивались методы построения сеток. Устанавливается связь дисциплины с различными разделами математики.

The course examines methods for constructing computational grids of various types for the numerical solution of mathematical physics problems. The considered methods have stood the test of practice and are used to solve real-world applied problems. An idea is being formed about how grid construction methods arose and developed. The connection of the discipline with various branches of mathematics is established.

6. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
<p>способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (МПК-1)</p>	<p>31 (МПК-1) Знать: основные алгоритмы построения и оптимизации расчетных сеток, основанные на решении систем уравнений в частных производных, а также на использовании вариационных методов; У1 (МПК-1) Уметь: выбирать тип расчетной сетки для решения прикладной задачи, корректно ставить задачу построения расчетной сетки; В1 (МПК-1) Владеть: навыками постановки и решения задач численной геометрии</p>
<p>способность проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) способностью проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования (МПК-2);</p>	<p>32 (МПК-2) Знать: способы задания геометрических тел: В-сплайны, тесселяции, функции расстояния и неявное представление; типы сеток и их ячеек, а также критерии качества сеток; определение и основные свойства разбиений Делоне и Вороного, основные алгоритмы построения триангуляций и тетраэдральных сеток; У2 (МПК-2) Уметь: выбирать оптимальный алгоритм построения расчетных сеток заданного типа; В2 (МПК-2) Владеть: навыками построения расчетных сеток в областях различной геометрии</p>
<p>способностью работать с современными программным обеспечением, приборами и установками в избранной области (МПК-3);</p>	<p>33 (МПК-3) Знать: основные принципы программной реализации алгоритмов решения модельных задач и представления полученных результатов; У3 (МПК-3) Уметь: эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых результатов; В3 (МПК-3) Владеть: навыками грамотной обработки результатов численных расчетов и сопоставления с теоретическими данными.</p>

Оценочные средства для промежуточной аттестации приведены в Приложении.

7. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа.

36 часов составляет контактная работа с преподавателем – 36 часов занятий лекционного типа, 0 часов занятий семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 0 часов индивидуальных консультаций, 0 часов групповых консультаций, 0 часов мероприятий текущего контроля успеваемости, 2 часа промежуточной аттестации.

36 часов составляет самостоятельная работа учащегося.

8. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учащиеся должны владеть знаниями по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям, дискретной математике, программированию на языке C/C++/Python/Matlab, алгоритмам и структурам данных, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки».

9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций, также используются компьютеры со стандартным ПО (включая редакторы текстов), выходом в интернет, возможностью написания и отладки программ на MATLAB и Python, C/C++ .

10. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы						Самостоятельная работа учащегося, часы		
		из них						из них		
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего		
Тема 1. В-сплайны и тесселяции для представления геометрических тел	6	3	0	-	-	-	3	3	-	3
Тема 2. Функции расстояния и неявное представление геометрических тел	6	3	0	-	-	-	3	3	-	3
Тема 3. Адаптивные декартовы сетки и восьмиричные деревья	6	3	0	-	-	-	3	3	-	3
Тема 4. Триангуляция Делоне	6	3	0	-	-	-	3	3	-	3
Тема 5. Тетраэдральные	6	3	0	-	-	-	3	3	-	3

сетки										
Тема 6. Разбиение Вороного	6	3	0	-	-	-	3	3	-	3
Тема 7. Криволинейные сетки, деформации и параметризации	6	3	0	-	-	-	3	3	-	3
Тема 8. Использование метрик для управления сетками, анизотропные сетки.	6	3	0	-	-	-	3	3	-	3
Тема 9. Эллиптические генераторы расчетных сеток	6	3	0	-	-	-	3	3	-	3
Тема 10. Вариационные методы построения и оптимизации расчетных сеток	6	3	0	-	-	-	3	3		3
Тема 11. Дискретные кривизны	6	3	0	-	-	-	3	3		3
Тема 12. Призматические сеточные слои	6	3	0	-	-	-	3	3		3
Итого	72						36	36		

11.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

Самостоятельная работа учащихся состоит в изучении лекционного материала, учебно-методической литературы, подготовки к практическим заданиям текущего контроля и промежуточной аттестации.

12.РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная учебно-методическая литература:

1. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Наука, 1977. 416 с.
2. Simo, J.C. and Hughes, T.J.R. Computational Inelasticity. New York: Springer-Verlag, 1998.
3. АкиК., Ричардс П. Количественная сейсмология, в 2-х томах. М.: Мир, 1983.
4. Баженов В.Г., Игумнов Л.А. Методы граничных интегральных уравнений и граничных элементов в решении задач трехмерной динамической теории упругости с сопряженными полями. М.: Физматлит, 2008. 352 с. ISBN 978-5-9221-0953-6
5. Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной и движущейся среды. Наука, 1981
6. Морс Ф. М., Фешбах Г. Методы теоретической физики. Т. 1 - Москва: Издательство иностранной литературы, 1958
7. Угодчиков А.Г., Хуторянский Н.М. Метод граничных элементов в механике деформируемого тела. Изд. Казанского ун-та, 1986. – 295 с.
8. Довгилевич Л.Е., Софронов И.Л. О применении компактных схем для решения волнового уравнения. Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша, 2008, на сайте <http://www.keldysh.ru/>
9. L. Dovgilovich, R. Maksyutov, I. Sofronov A new class of high-order summation by parts finite-difference schemes. - arXiv preprint arXiv:1712.02683, 2017
10. Boyd John P. Chebyshev and Fourier Spectral Methods. Second Edition. DOVER Publications, Inc., 2000.
11. B. Fornberg, A Practical Guide to Pseudospectral Methods. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
12. Sescu, A. Numerical anisotropy in finite differencing // Adv. Differ. Equ. 2015. 2015: 9.
13. Dovgilovich L., Sofronov I., High-accuracy finite-difference schemes for solving elastodynamic problems in curvilinear coordinates within multiblock approach. Applied Numerical Mathematics. 2015. V. 93.
14. Komatitsch, D., Tromp J. Introduction to the spectral element method for three-dimensional seismic wave propagation // Geophysical Journal International. 1999. 139. P. 806–822.
15. Софронов И.Л. Прозрачные граничные условия для волнового уравнения. Учеб. пособие – М. : МФТИ, 2018. – 57 С.
16. Dumbser M., K̄aser M., An Arbitrary High Order Discontinuous Galerkin Method for Elastic Waves on Unstructured Meshes II: The Three Dimensional Isotropic Case // Geophysical Journal International. 2007. V. 171. N 3. P. 1324.
17. Конюх Г.В., Михайленко Б.Г., Михайлов А.А. Численное моделирование сейсмических полей в вязкоупругих средах на основе спектрального метода Лагерра // Математическое моделирование. 2001. Т. 13 (2). С. 61–70.

Дополнительная литература

1. Ляв А., Математическая теория упругости, М.: Гл. ред. общетехнической литературы, 1935. 674 с.
2. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М., Численные методы. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. 630 с. ISBN 5-93208-043-4. С. 363—375.
3. Бабич В.М., Киселёв А.П., Упругие волны. Высокочастотная теория. Гл. 1. СПб.: БХВ-Петербург, 2014.
4. Перегудов Д.В. Двумерная задача Лэмба. Метод Каньяра // Вычислительная сейсмология. 2000. Вып. 31. С. 120-137.

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Compute Node for Power, LE, Self-support
2. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Head Node for Power, LE, Standard
3. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 11 SP4 for x86_64
4. Операционная система Red Hat Enterprise Linux Server 5.0 for x86_64
5. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 10 SP3 for ppc64
6. Операционная система Ubuntu 18.04.
7. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox
8. Операционная система ALTLinuxMATEStarterkit 9 лицензияGPL
9. Программный продукт JetBrains IntelliJ IDEA Community Edition Free Educational Licenses
10. Программный продукт JetBrains PyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrains CLion Community Edition Free Educational Licenses
12. Программный продукт UPPAAL (<http://www.uppaal.org/>) академическая лицензия
13. Программный продукт Java 8 (64-bit) Oracle Corporation
14. Программный продукт Java SE Development Kit 8(64-bit) Oracle Corporation
15. Программный продукт NetBeans IDE 8.2 NetBeans.org
16. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
17. Программный продукт CodeBlocks The Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0 Free Pascal Team
19. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit) Python Software Foundation
20. Программный продукт R for Windows 3.2.2 R Core Team
21. Программный продукт Haskell Platform 7.10.3 Haskell.org
22. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
23. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
24. Программный продукт Microsoft Project Professional 2013 академическая лицензия
25. Программный продукт Microsoft Visio Professional 2013 академическая лицензия
26. Программный продукт Microsoft Visual Studio Professional 2013 - RUS [Русский (Россия)] академическая лицензия

Материально-техническая база:

для преподавания дисциплины требуется аудитория, оборудованная проектором.

13. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Русский

14. РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ, ПРЕПОДАВАТЕЛИ

д.ф.- м.н., профессор, Гаранжа В.А.

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Параллельное программирование для распределенных систем»

Промежуточная аттестация состоит из двух этапов – тестирования и индивидуального собеседования, проверяющего приобретенные знания.

Средства для оценивания планируемых результатов обучения, критерии и показатели оценивания приведены ниже.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ из соответствующих карт компетенций					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	
З1 (МПК-1) Знать: основные алгоритмы построения и оптимизации расчетных сеток, основанные на решении систем уравнений в частных производных, а также на использовании вариационных методов;	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных алгоритмах построения оптимизации расчетных сеток, основанные на решении систем уравнений в частных производных, а также на использовании вариационных методов;	В целом сформированные, но неполные знания об основных алгоритмах построения оптимизации расчетных сеток, основанные на решении систем уравнений в частных производных, а также на использовании вариационных методов;	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных алгоритмах построения оптимизации расчетных сеток, основанные на решении систем уравнений в частных производных, а также на использовании вариационных методов;	Сформированные систематические знания об основных алгоритмах построения оптимизации расчетных сеток, основанные на решении систем уравнений в частных производных, а также на использовании вариационных методов;	тестирование, зачет
У1 (МПК-1) Уметь: выбирать тип расчетной сетки для решения прикладной за-	Отсутствие умений	Фрагментарные умения в применении выбора типа расчетной сетки для решения прикладных задач и корректной постанов-	В целом сформированное, но не систематическое умение в применении выбора типа расчетной сетки для решения при-	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение в применении выбора типа расчетной	Сформированное систематическое умение в применении выбора типа расчетной	домашние задания

дачи, корректно ставить задачу построения расчетной сетки		ки задачи построения расчетной сетки.	кладных задач и корректной постановки задачи построения расчетной сетки.	сетки для решения прикладных задач и корректной постановки задачи построения расчетной сетки.	ния прикладных задач и корректной постановки задачи построения расчетной сетки.	
V1 (МПК-1) Владеть: навыками постановки и решения задач численной геометрии	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками постановки и решения задач численной геометрии	В целом сформированное, но не систематическое владение навыками постановки и решения задач численной геометрии	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками постановки и решения задач численной геометрии	Сформированное систематическое владение навыками постановки и решения задач численной геометрии	домашние задания
32 (МПК-2) Знать: способы задания геометрических тел: В-сплайны, тесселяции, функции расстояния и неявное представление; типы сеток и их ячеек, а также критерии качества сеток; определение и основные свойства разбиений Делоне и Вороного, основные алгоритмы по-	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о способах задания геометрических тел: В-сплайнах, тесселяции, функций расстояния и неявных представлений; типах сеток и их ячеек, а также критериях качества сеток; определений и основных свойств разбиений Делоне и Вороного, основных алгоритмов построения триангуляций и тетраэдральных сеток;	В целом сформированные, но неполные знания о способах задания геометрических тел: В-сплайнах, тесселяции, функций расстояния и неявных представлений; типах сеток и их ячеек, а также критериях качества сеток; определений и основных свойств разбиений Делоне и Вороного, основных алгоритмов построения триангуляций и тетраэдральных се-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о способах задания геометрических тел: В-сплайнах, тесселяции, функций расстояния и неявных представлений; типах сеток и их ячеек, а также критериях качества сеток; определений и основных свойств разбиений Делоне и Вороного, основ-	Сформированные систематические знания о способах задания геометрических тел: В-сплайнах, тесселяции, функций расстояния и неявных представлений; типах сеток и их ячеек, а также критериях качества сеток; определений и основных свойств разбиений Делоне и Вороного, основных алгоритмов	тестирование, зачет

строения триангуляций и тетраэдральных сеток;			ток;	ных алгоритмов построения триангуляций и тетраэдральных сеток;	построения триангуляций и тетраэдральных сеток;	
У2 (МПК-2) Уметь: выбирать оптимальный алгоритм построения расчетных сеток заданного типа;	Отсутствие умений	Фрагментарные умения в выборе оптимального алгоритма построения расчетных сеток заданного типа	В целом сформированное, но не систематическое умение в выборе оптимального алгоритма построения расчетных сеток заданного типа	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение в выборе оптимального алгоритма построения расчетных сеток заданного типа	Сформированное систематическое умение в выборе оптимального алгоритма построения расчетных сеток заданного типа	домашние задания
В2 (МПК-2) Владеть: навыками построения расчетных сеток в областях различной геометрии	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками построения расчетных сеток в областях различной геометрии	В целом сформированное, но не систематическое владение навыками построения расчетных сеток в областях различной геометрии	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками построения расчетных сеток в областях различной геометрии	Сформированное систематическое владение навыками построения расчетных сеток в областях различной геометрии	домашние задания
З3 (МПК-3) Знать: основные принципы программной реализации алгоритмов решения модельных задач и представления полученных результатов	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных принципах программной реализации алгоритмов решения модельных задач и представления полученных результатов	В целом сформированные, но неполные знания об основных принципах программной реализации алгоритмов решения модельных задач и представления полученных результатов	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных принципах программной реализации алгоритмов решения модельных задач и представления полученных результатов	Сформированные систематические знания об основных принципах программной реализации алгоритмов решения модельных задач и представления полученных результатов	онлайн тестирование, зачет

				зультатов		
УЗ (МПК-3) Уметь: эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых результатов	Отсутствие умений	Фрагментарные умения в эффективном использовании информационных технологий и компьютерной техники для достижения необходимых результатов	В целом сформированное, но не систематическое умение в эффективном использовании информационных технологий и компьютерной техники для достижения необходимых результатов	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение в эффективном использовании информационных технологий и компьютерной техники для достижения необходимых результатов	Сформированное систематическое умение в эффективном использовании информационных технологий и компьютерной техники для достижения необходимых результатов	домашние задания
ВЗ (МПК-3) Владеть: навыками грамотной обработки результатов численных расчетов и сопоставления с теоретическими данными.	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками грамотной обработки результатов численных расчетов и сопоставления с теоретическими данными.	В целом сформированное, но не систематическое владение навыками грамотной обработки результатов численных расчетов и сопоставления с теоретическими данными.	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками грамотной обработки результатов численных расчетов и сопоставления с теоретическими данными.	Сформированное систематическое владение навыками грамотной обработки результатов численных расчетов и сопоставления с теоретическими данными.	домашние задания

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Для контроля знаний студентов по данной дисциплине необходимо проводить текущий и промежуточный контроль. Текущий контроль выполняется в виде защит практических и индивидуальных работ, проверки домашних заданий. Промежуточный контроль проводится в виде зачета, на котором обсуждаются теоретические вопросы курса. Оценивание знаний, умений и навыков производится на основе балльно-рейтинговой системы. При рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах. Предполагается 5 форм контроля, по которым студенты получают баллы:

1. Посещаемость лекций (макс. 20 баллов).
2. Выполнение домашних заданий к каждой лекции (макс. 60 баллов).
3. Зачет (макс. 20 баллов).

Итоговая оценка за курс рассчитывается исходя из набранных студентом баллов (от 0 до 100 баллов). Критерии оценок:

- «неудовлетворительно» меньше 40 баллов;
- «удовлетворительно» больше или равно 40 баллов, но меньше 70 баллов.
- «хорошо» больше или равно 70 баллов, но меньше 90 баллов
- «отлично» больше или равно 90 баллов