

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

Основы математического моделирования

Автор-составитель: Захаров В.С.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геология и полезные ископаемые

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 – познакомить студентов с набором часто применяемых численных методов и научить практическим навыкам компьютерного моделирования.

Задачи: научить основным этапам моделирования; принципам построения моделей; основным численным методам; навыкам самостоятельной реализации часто применяемых численных методов и схем.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе «Основы математического моделирования» дается понятие о моделях и моделировании. Рассматриваются принципы и методы построения и анализа математических моделей. Рассматриваются основные численные методы: основные методы решения систем линейных алгебраических уравнений, методы аппроксимации и интерполирования функций, методы спектрального анализа, методы минимизации функций, методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений, методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.

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 освоение дисциплин «Высшая математика», «Информатика», «Физика».

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-3.Б Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично)	Б.ОПК-3. И-1. Использует типовые подходы и методы при решении задач профессиональной деятельности.	Знать: основные этапы моделирования; принципы построения моделей; основные численные методы; Уметь: осуществить компьютерную реализацию часто применяемых численных методов и схем.
ОПК-2.Б. Способен применять теоретические основы фундаментальных геологических дисциплин при решении задач профессиональной деятельности (формируется частично).	Б.ОПК-2. И-1. Использует теоретические знания о закономерностях и особенностях геологических процессов для решения профессиональных задач	Знать: основные численные методы и владеть навыками их практического применения для решения прикладных задач численного моделирования

4. Объем дисциплины (модуля) составляет **1 з.е.**, в том числе **28** академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов лекции и 14 часов семинары), **8** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

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	1	1			1					
Раздел 2. Некоторые методы решения СЛАУ.	4	1		2	3	1				1
Раздел 3. Аппроксимация зависимостей методом наименьших квадратов	5	2		2	4	1				1
Раздел 4. Интерполяция зависимостей.	5	2		2	4	1				1
Раздел 5. Спектральный анализ	5	2		2	4	1				1
Раздел 6. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	7	3		3	6	1				1
Раздел 7. Решение дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных разностей.	7	3		3	6	1				1

Промежуточная аттестация <u>зачет</u>	2		2
Итого	36	28	8

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Раздел 1. Введение. Понятие о моделях и моделировании в естественных науках вообще и в геологии в частности. Разные методы моделирования. Математическое и численное моделирование, компьютерное моделирование. Принципы и методы построения и анализа математических моделей. Основные этапы компьютерного моделирования (построение теоретической модели, выраженной математически, разработка алгоритма решения, создание компьютерной программы, отладка и собственно применение модели при разных параметрах. Значение моделирования в научных исследованиях.

Раздел 2. Некоторые методы решения СЛАУ. Стандартная запись систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Метод Гаусса (метод последовательного исключения), ямой ход (сведение к треугольной матрице), обратный ход (подстановка). Метод прогонки (для систем с трехдиагональной матрицей), прямой и обратный ход. Итерационные методы (простых итераций и Зайделя), их различия. Условия сходимости итерационных процессов. Нормализация матриц для улучшения сходимости решения.

Раздел 3. Аппроксимация зависимостей методом наименьших квадратов. Метод наименьших квадратов (МНК). Постановка задачи, общие принципы, критерий наилучшего соответствия аппроксимирующей зависимости экспериментальным данным. Линейная регрессия по методу наименьших квадратов. Получение параметров регрессионной зависимости и их доверительных интервалов. Коэффициент корреляции, его значение и применение. Оценка статистической значимости аппроксимации по критериям Фишера и Стьюдента. Практическое применение линейной регрессии при решении геологических задач.

Раздел 4. Интерполяция зависимостей. Постановка задачи интерполяции. Условия Лагранжа. Выбор класса функций, применяемых при интерполировании. Интерполяция каноническим полиномом. Решение системы линейных уравнений для получения коэффициентов полинома. Понятие о сплайне. Кубический сплайн, его физическая интерпретация. Условия, которым должен отвечать сплайн на каждом отрезке интерполирования (непрерывность самой функции, ее первой и второй производных). Практическая интерполяция кубическим сплайном.

Раздел 5. Спектральный анализ. Понятие о спектральном анализе (анализе Фурье) – представление анализируемой функции в виде разложения по гармоническим функциям. Анализ Фурье периодических функций с периодом 2π и с произвольным периодом. Анализ Фурье непериодических функций. Численные методы анализа Фурье, вычисление коэффициентов разложения. Практическое применение анализа Фурье при решении геологических задач. Проверка корректности с помощью Фурье-синтеза.

Раздел 6. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы решения дифференциальных уравнений. Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ). Задача Коши для ОДУ 1-го порядка. Численное решение задачи Коши. Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты 2-го порядка. Метод Рунге-Кутты 4-го порядка. Оценка погрешности численного метода. ОДУ высших порядков и системы ОДУ 1-го порядка. Задача Коши для ОДУ n-го порядка. Краевая задача для ОДУ.

Раздел 7. Решение дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных разностей. Понятие о методе конечных разностей (МКР). Дискретизация функций. Представление производных в конечных разностях. Конечно-разностная аппроксимация ОДУ. Представление частных производных в конечных разностях. Конечно - разностная аппроксимация ДУ в частных производных. Согласованность, устойчивость, сходимость разностной схемы. Численное решение одномерного уравнения теплопроводности МКР. Постановка задачи и граничные условия. Явный метод. Неявный метод.

План проведения семинаров.

1. Обсуждение методов моделирования
2. Обсуждение и практическое применение методов решения систем линейных алгебраических уравнений.
3. Обсуждение и практическое применение аппроксимации зависимостей методом наименьших квадратов.
4. Обсуждение и практическое применение методов интерполяции зависимостей.
5. Обсуждение и практическое применение методов спектрального анализа
6. Обсуждение и практическое применение методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений
7. Обсуждение и практическое применение методов решения дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных разностей.

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 сдаче каждым студентом выполненных расчетных работ.

Основные темы расчетных заданий для проведения текущего контроля:

1. Решения систем линейных алгебраических уравнений методами Гаусса и прогонки.
2. Аппроксимация зависимости методом наименьших квадратов
3. Интерполяция зависимости кубическим сплайном.
4. Проведение спектрального анализа, вычисление спектра функции, синтез исходной функции.
5. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты.
6. Численное решение одномерного уравнения теплопроводности методом конечных разностей.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачет е):

1. Понятие о моделях и моделировании.
2. Принципы и методы построения и анализа математических моделей.
3. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса.
4. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод прогонки.
5. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод итераций.
6. Численная аппроксимация МНК.
7. Оценка качества аппроксимации МНК и ее статистической значимости
8. Полиномиальная интерполяция,
9. Интерполяция кубическим сплайном.
10. Методы спектрального анализа.
11. Понятие о Фурье-синтезе.
12. Способы решения дифференциальных уравнений. Задание начальных и краевых условий.
13. Понятие о конечных разностях. Дискретизация.
14. Явные и неявные методы численного решения.
15. Сходимость, устойчивость, погрешность аппроксимации.
16. Обыкновенные дифференциальные уравнения, системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
17. Метод Эйлера численного решения дифференциальных уравнений.
18. Метод Рунге-Кутты дифференциальных уравнений.

19. Явный метод численного решения дифференциальные уравнения в частных производных.
20. Неявный метод численного решения дифференциальные уравнения в частных производных.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).

Оценка результатов обучения, <i>соответствующие виды оценочных средств</i>	Незачет	Зачет
Знание (<i>устный опрос</i>) основных этапов моделирования, принципы построения моделей, основные численные методы	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (<i>устный опрос</i>) использовать основные численные методы	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (<i>устный опрос</i>) применяет основные численные методы для решения прикладных задач	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Калиткин Н.Н. Численные методы: учеб. пособие для студентов ун-тов и втузов. СПб. : БХВ-Петербург, 2013. 586 с. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
2. Тихонов, Самарский. Уравнения математической физики. М.: Наука, 2004. 798 с. . (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
3. Ильина В.А., Силаев П.К. Численные методы для физиков-теоретиков. в 2-х томах. Ижевск: ИКИ, 2003. 118 с. . (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде)

- дополнительная литература:

1. Поршнев С.В. Вычислительная математика. Курс лекций СПб.: БХВ-Петербург, 2004, 320 с. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
2. Мудров А.Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль. Томск: "РАСКО", 1991, 271 с. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
3. Форсайт Дж., Малькольм М.: Моулер К. Машинные методы математических вычислений. М.: Мир, 1980, 279 с. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

нет

- нелицензионное и свободного доступа

язык программирования Python, пакет программ Open Office

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

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

- справочная система языка программирования Python 3. <https://www.python.org/doc/>

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- язык программирования Python 3. <https://www.python.org/download/releases/3.0/>.

- среда разработки программ PyCharm. <https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/> .

- интерактивная оболочка Jupyter Notebook. <https://jupyter.org/> .

- пакет Anaconda. <https://www.anaconda.com>.

- редактор Notepad++. <https://notepad-plus-plus.org/downloads/>.

Д) Материально-техническое обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором.

Компьютерный класс.

9. Язык преподавания – русский.

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

11. Разработчики программы: профессор Захаров В.С.