

Методические материалы учебной практики
для студентов группы 131-ПМО ИТНИТ
ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина»

Макаров П. А.

2021 – 2022 учебный год, 6 семестр

Содержание

1	Общие положения	2
1.1	Цели и задачи	2
1.2	Связь с другими дисциплинами	2
1.3	План работы	2
1.4	Краткое описание заданий	2
1.5	Аттестация	3
2	Теоретический минимум	3
3	Научные поисковые системы	3
4	Профессиональные базы данных	4
5	Программные инструменты	5
5.1	TeX и LaTeX	5
5.2	Работа с библиографией	6
5.3	Научная графика	6
5.4	Системы компьютерной математики	7
5.5	Языки программирования, библиотеки и фреймворки	7
6	Задания на практику	8
6.1	Общие задания	8
6.2	Индивидуальные задания	9
	Список используемых источников	13

1 Общие положения

1.1 Цели и задачи

Цель учебной практики состоит в формировании и отработке у студентов навыков проектно-технологической деятельности.

Задачи практики:

1. знакомство с научными поисковыми системами;
2. получение навыков работы с профессиональными базами данных;
3. математическое моделирование физических явлений и процессов;
4. отработка навыков программирования;
5. подготовка отчётов и публикаций;

1.2 Связь с другими дисциплинами

Предполагается знакомство студентов со следующими дисциплинами: «Математический анализ», «Комплексный анализ», «Линейная алгебра и геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики», «Теоретическая механика», «Численные методы и математическое моделирование», а также с основами информатики, программирования и курсом общей физики.

1.3 План работы

1. Введение (2 ч.);
2. Непосредственное выполнение практических заданий (60 ч.);
3. Подготовка отчёта и презентации доклада (8 ч.);
4. Защита отчёта (2 ч.).

Общий объём практики: 72 ч. в форме практических занятий.

1.4 Краткое описание заданий

Каждое задание представляет собой некую проблему, исследование которой предполагает выполнение следующих этапов:

1. изучение необходимой литературы;
2. выяснение подробностей условия задания;
3. разработка схемы моделирования и вычислительного алгоритма;

4. написание и отладка расчётных программ;
5. подготовка дополнительных скриптов, позволяющих получить изображения (и/или анимацию, там где это требуется), качественно иллюстрирующие особенности рассматриваемого процесса;
6. проведение численных экспериментов, проверка результатов на корректность и выявление ограничений разработанной реализации алгоритма;
7. подготовка доклада для выступления/статьи к публикации;
8. написание отчёта о результатах проделанной работы.

1.5 Аттестация

Согласно учебному плану по практике предусмотрен дифференцированный зачёт. Основное требование для получения зачёта — **защита выполненного отчёта о проделанной работе.**

2 Теоретический минимум

Основная литература по численным методам, математическому и физическому моделированию [1—5].

1. Общие положения теории моделирования [2, Гл. 1], [3, Гл. 1];
2. Непрерывно-детерминированные схемы моделирования [2, Гл. 2];
3. Модели оптимизации [2, Гл. 3];
4. Дискретно-детерминированные схемы моделирования [2, Гл. 4];
5. Дискретно-стохастические схемы моделирования [2, Гл. 5];
6. Непрерывные стохастические модели [2, Гл. 7];
7. Проектирование технических систем [3, Гл. 4];
8. Основы теоретической механики [3, Гл. 5-7,11];
9. Введение в теорию размерности [3, Гл. 8];
10. Теория подобия [3, Гл. 9];

3 Научные поисковые системы

- Google Академия scholar.google.com [6];
- Mendeley www.mendeley.com [7];
- arXiv arxiv.org [8];

- Научная электронная библиотека www.elibrary.ru [9];
- Web of Science webofknowledge.com [10];
- Scopus www.scopus.com [11];
- ScienceDirect www.sciencedirect.com [12];
- Springer Link link.springer.com [13];
- Электронная библиотека Института инженеров по электротехнике и электронике IEEE Xplore [14];
- Интеллектуальная Система Тематического Исследования НАукометрических данных ИСТИНА [15];
- MathSciNet mathscinet.ams.org [16];
- Проект Евклид projecteuclid.org [17];
- MathNet www.mathnet.ru [18];
- Успехи математических наук www.mathnet.ru/umn [19].

4 Профессиональные базы данных

- Реферативная база данных Zentralblatt Math [20].

zbMATH — самая полная математическая база данных, охватывающая материалы с конца XIX века. zbMath содержит около 4 000 000 документов, из более 3 000 журналов и 170 000 книг по математике, статистике, информатике, а также машиностроению, физике, естественным и другим наукам.

zbMATH обеспечивает легкий доступ к библиографическим данным, обзорам и рефератам из всех областей чистой математики, а также приложений, в частности, в области естественных наук, информатики, экономики и техники. Он также охватывает историю и философию математики и университетского образования. Все записи классифицируются в соответствии с Математической схемой предметной классификации (MSC 2010 [21]) и снабжены ключевыми словами для характеристики их конкретного содержания.

- Мир математических уравнений EqWorld [22].

Международный научно-образовательный сайт EqWorld содержит обширную информацию о различных классах обыкновенных дифференциальных уравнений (ODE), дифференциальных уравнений с частными произ-

водными (PDE), интегральных уравнений, функциональных уравнений и других математических уравнений. Особое внимание уделено уравнениям математической физики и механики. Приведены таблицы точных решений, описаны методы решения уравнений, есть интересные статьи, даны ссылки на математические программы, указаны адреса научных сайтов, издательств, журналов и др.

- Библиотека math.ru/lib [23].

Книги, видеолекции, занимательные математические факты, различные по уровню и тематике задачи, отдельные истории из жизни учёных, материалы для уроков, официальные документы и другое.

- NIST Digital Library of Mathematical Functions <https://dlmf.nist.gov> [24].
- [WolframAlpha](#) [25].
- American Mathematical Society [AMS](#) [26].
- Цифровая библиотека Association for Computing Machinery [ACM Digital Library](#) [27].
- [StackExchange](#) [28].
- [StackOverflow](#) [29].
- Виртуальный компьютерный музей computer-museum.ru [30].
- [TeX Users Group](#) [31].

5 Программные инструменты

5.1 \TeX и \LaTeX

Лично я изучал \LaTeX по книге Котельникова и Чеботарева [32], поэтому рекомендую прочесть из неё по крайней мере главы 1–6. Ещё одна классическая книга по набору и вёрстке текстов в системе \LaTeX написана Львовским [33]. По большому счёту, этих источников вполне достаточно, однако, возможно, вам больше понравится (или будет более полезной) книга Столярова [34] (по крайней мере, она гораздо короче). Кроме того, настоячиво рекомендую ознакомиться с книгой Дональда Кнута — создателя системы \TeX [35].

Также перед началом работы очень советую прочесть [Краткий курс блангородного набора](#) [36]. Ещё один крайне полезный при наборе документов ресурс — [Detexify](#) [37], созданный Дэниелом Киршем.

Файлы с расширением `.tex` — это обычные текстовые файлы (написанные на языке разметки текста \LaTeX). Открывать и редактировать их можно с помощью любого текстового редактора¹, но я советую [Sublime Text](#) [38].

Для работы с издательской системой \LaTeX на локальном компьютере необходимо установить соответствующий набор программного обеспечения. Рекомендуется использовать актуальный дистрибутив [TeX Live](#) [39]. В настоящее время существуют и различные онлайн ресурсы для работы с системой \LaTeX , в частности проект [Overleaf](#) [40].

5.2 Работа с библиографией

Для работы с библиографией в \LaTeX есть две возможности:

1. ручной набор списка литературы текущего документа с помощью окружения `thebibliography`;
2. создание библиографической базы данных и автоматическая генерация списка литературы.

Во втором случае практически стандартом является связка двух пакетов: [Bib \$\text{\LaTeX}\$](#) [41] и [Biber](#) [42] (вариант использования [Bib \$\text{\TeX}\$](#) [43] ещё встречается, но не является рекомендуемым). Вместе с тем, вручную составлять достаточно объёмные библиографические базы данных бывает весьма затруднительно, поэтому используются системы управления библиографической информацией, такие как [JabRef](#) [44] и [Mendeley Desktop](#) [45].

5.3 Научная графика

Одним из самых широко используемых инструментов для визуализации данных является [Gnuplot](#) [46]. Официальная документация проекта доступна по [данной ссылке](#) [47]. Также существует страница с [демонстрационными примерами](#) [48]. Кроме этих, имеется огромное множество и других источников, одно перечисление которых — весьма трудоёмкая задача. Поэтому ограничимся только ещё одной полезной [ссылкой](#) [49].

¹Ни в коем случае не пытайтесь использовать для этого MS Word или что-то подобное!

Ещё один мощный инструмент создания научной графики высокого качества — язык описания векторной графики [Asymptote](#) [50]. Официальная документация доступна по [данной ссылке](#) [51]. Крайне рекомендуются для изучения монографии Ю. М. Волченко [52] и P. Ivaldi [53]. В сети есть по крайней мере две обширных галереи примеров: [официальная \(англоязычная\)](#) [54] и [неофициальная \(франкоязычная\)](#) [55]. В настоящее время существует даже [веб-приложение](#) [56], позволяющее запускать программы на языке Asymptote непосредственно в браузере.

5.4 Системы компьютерной математики

Системы компьютерной математики существенно облегчают преобразование и упрощение громоздких выражений, поиск корней систем уравнений, выполнение рутинных вычислений и тому подобную работу. Для всех этих задач в настоящее время существует множество самых разных инструментов, среди которых я особо выделил бы свободную систему [Maxima](#) [57]. Некоторая документация доступна [по данной ссылке](#) [58]. Очень рекомендуются к прочтению пособия Е. В. Маевского, П. В. Ягодковского [59] и В. А. Ильиной, П. К. Силаева [60]. С системой возможна работа с помощью [on-line интерфейса](#) [61].

Помимо Maxima, конечно, существуют и другие системы компьютерной математики. На мой взгляд, в первую очередь стоит обратить внимание на [SAGE](#) [62]. Кроме того, я бы упомянул [Octave](#) [63] и [R](#) [64].

5.5 Языки программирования, библиотеки и фреймворки

- [C](#) [65].
- [C++](#) [66].
- [GSL](#) [67].
- [Python](#) [68]:
 - [Jupyter](#) [69].
 - [Google Colab](#) [70].
 - [SymPy](#) [71].
 - [NumPy](#) [72].
 - [Matplotlib](#) [73].
 - [Manim](#) [74].
 - [QuTiP](#) [75].

- [ROOT](#) [76].

6 Задания на практику

6.1 Общие задания

1. Установите, настройте и протестируйте работоспособность всего необходимого вам программного обеспечения. Изучите в достаточном объёме актуальную документацию.
2. Исследуйте возможности профессиональных баз данных, перечисленных в разделе 4. Известны ли вам другие математические профессиональные базы данных? Используете ли вы их на практике?
3. Получите минимально-необходимые сведения о системе \LaTeX [32–35]. Зарегистрируйтесь на портале [overleaf.com](#) [40] и ознакомьтесь с основными возможностями, который он предоставляет. Создайте несколько тестовых проектов различных классов (article, book, report, beamer).
4. Изучите документацию системы Maxima [57–61]. Обратите внимание на возможности дифференцирования, интегрирования, решения алгебраических и дифференциальных уравнений. Найдите с помощью Maxima частное решение уравнения

$$2\frac{dx}{dt} + x - 3t = 0 \quad (1)$$

с условием

$$x(0) = 1, \quad (2)$$

и постройте его график на интервале $t \in [-2, 2]$.

5. Постройте с помощью Gnuplot [46–49] изображения нескольких наиболее известных лемнискат (овал Кассини, лемнискаты Бернулли, Жероно и Бута).
6. Ознакомьтесь с языком векторной графики Asymptote [50–56] и постройте с его помощью изображения семейств цепных линий и кривых Вивиани.
7. Выполните обзор возможностей [Google Colab](#) [70] для работы с проектами на Python. Создайте несколько тестовых проектов, исследуйте основные возможности пакетов [SymPy](#) [71], [NumPy](#) [72] и [Matplotlib](#) [73].

8. Изучите возможности библиотеки Manim [74]. С её помощью на ваш выбор, создайте анимацию, иллюстрирующую либо основное свойство брахистохроны, либо таутохронность циклоиды.

6.2 Индивидуальные задания

1. **Задача об остывании кофе.** [4, гл. 2].
2. **Падение тел.** [4, гл. 3].
3. **Задача Кеплера.** [4, гл. 4].
4. **Колебания.** [4, гл. 5].
5. **Динамика систем многих частиц.** [4, гл. 6].
6. **Хаотическое движение динамических систем.** [4, гл. 7].
7. **Волновые явления.** [4, гл. 8].
8. **Статические поля зарядов и токов.** [4, гл. 9].
9. **Численное интегрирование.** [5, гл. 10].
10. **Случайное блуждание.** [5, гл. 11].
11. **Задача о перколяции.** [5, гл. 12].
12. **Фракталы, модели кинетического роста и клеточные автоматы.** [5, гл. 13].
13. **Приближение к равновесию.** [5, гл. 14].
14. **Микроканонический ансамбль.** [5, гл. 15].
15. **Моделирование канонического ансамбля методом Монте-Карло.** [5, гл. 16].
16. **Квантовые системы.** [5, гл. 17].
17. **Гантель в магнитном поле.** (LVI Всероссийская олимпиада школьников по физике. Региональный этап, 2022). В аксиально-симметричном магнитном поле находится гантель — лёгкий непроводящий стержень с

заряженными шариками на концах. Массы и заряды шариков одинаковы и равны m и q . Гантель перпендикулярна оси симметрии (оси Ox), а её центр находится на этой оси (см. рис.). Проекция магнитного поля на радиальное (перпендикулярное оси) направление на расстоянии равном радиусу гантели везде одинакова и равна B_r . Осевая компонента поля изменяется вдоль оси. В момент времени t_0 гантели сообщают скорость v_0 вдоль оси Ox . Силу тяжести не учитывайте.

- (а) На какое наибольшее расстояние L_{\max} от начального положения удаляется центр гантели?
- (б) Чему равна максимальная окружная (перпендикулярная оси симметрии) скорость вращения шариков гантели в процессе движения?
- (с) Через какое время после t_0 угловая скорость вращения гантели окажется наибольшей?

Как изменится решение, если заряды и/или массы шариков не равны?

Список используемых источников

- [1] Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков и Г.М. Кобельков. *Численные методы*. 9-е изд. М.: “Лаборатория знаний”, 2020, с. 636.
- [2] Л.П. Мохрачева. *Типовые математические схемы моделирования. Примеры и задачи*. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018, с. 144.
- [3] В.В. Аюпов. *Математическое моделирование технических систем*. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2017, с. 242.
- [4] Х. Гулд и Я. Тобочник. *Компьютерное моделирование в физике*. т. 1. М.: Мир, 1990, с. 350.
- [5] Х. Гулд и Я. Тобочник. *Компьютерное моделирование в физике*. т. 2. М.: Мир, 1990, с. 400.
- [6] *Google Академия*. URL: <https://scholar.google.com/>.
- [7] *Mendeley*. URL: <https://www.mendeley.com>.
- [8] *arXiv.org*. URL: <https://arxiv.org/>.
- [9] *Научная электронная библиотека*. URL: <https://www.elibrary.ru/>.
- [10] *Web of Science*. URL: <https://webofknowledge.com>.
- [11] *Scopus*. URL: <https://www.scopus.com>.
- [12] *ScienceDirect*. URL: <https://www.sciencedirect.com>.

- [13] *Springer Link*. URL: <https://link.springer.com/>.
- [14] *Электронная библиотека Института инженеров по электротехнике и электронике*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org>.
- [15] *ИСТИНА – Интеллектуальная Система Тематического Исследования Научометрических данных*. URL: <https://istina.msu.ru/>.
- [16] *MathSciNet*. URL: <https://mathscinet.ams.org>.
- [17] *Проект Евклид*. URL: <https://projecteuclid.org>.
- [18] *MathNet*. URL: <http://www.mathnet.ru/>.
- [19] *Успехи математических наук*. URL: <http://www.mathnet.ru/umn>.
- [20] *Zentralblatt Math*. URL: <https://zbmath.org/>.
- [21] *Mathematics Subject Classification MSC2010*. URL: <http://msc2010.org/>.
- [22] A.D. Polyinin. *EqWorld – The World of Mathematical Equations*. URL: <http://eqworld.ipmnet.ru>.
- [23] *Библиотека math.ru*. URL: <https://math.ru/lib>.
- [24] *NIST Digital Library of Mathematical Functions*. URL: <https://dlmf.nist.gov>.
- [25] *WolframAlpha*. URL: <https://www.wolframalpha.com/>.
- [26] *American Mathematical Society*. URL: <https://www.ams.org>.
- [27] *Association for Computing Machinery Digital Library*. URL: <https://dl.acm.org>.
- [28] *StackExchange*. URL: <https://stackexchange.com>.
- [29] *StackOverflow*. URL: <https://stackoverflow.com>.
- [30] *Виртуальный компьютерный музей*. URL: <https://computer-museum.ru>.
- [31] *TEX Users Group*. URL: <https://tug.org/>.
- [32] И.А. Котельников и П.З. Чеботарёв. *Л^AT_EX по-русски*. 3-е изд., перераб. и доп. Новосибирск: Сибирский хронограф, 2004, с. 496.
- [33] С.М. Львовский. *Набор и вёрстка в системе Л^AT_EX*. 5-е изд., перераб. М.: МЦНМО, 2014, с. 400.
- [34] А.В. Столяров. *Сверстай диплом красиво: Л^AT_EX за три дня*. М.: МАКС Пресс, 2010, с. 100.
- [35] Д.Э. Кнут. *Все про T_EX*. М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003, с. 560.
- [36] А.В. Костырка. *Краткий курс благородного набора*. URL: <https://kostyrka.ru/main/ru/typesetting-and-typography-crash-course-by-kostyrka>.
- [37] D. Kirsch. *Detexify – Л^AT_EX symbol recognition*. URL: <http://detexify.kirelabs.org/classify.html>.

- [38] *Sublime Text*. URL: <https://www.sublimetext.com>.
- [39] *TeX Live*. URL: <https://tug.org/texlive/>.
- [40] *Overleaf*. URL: <https://www.overleaf.com/>.
- [41] *Bib \LaTeX — Sophisticated Bibliographies in \LaTeX* . URL: <https://ctan.org/pkg/biblatex>.
- [42] *Biber — A Bib \TeX replacement for users of Bib \LaTeX* . URL: <https://ctan.org/pkg/biber>.
- [43] A. Feder. *Bib \TeX* . URL: <http://www.bibtex.org/>.
- [44] *JabRef*. URL: <https://www.jabref.org/>.
- [45] *Страница загрузки Mendeley Desktop*. URL: <https://www.mendeley.com/download-desktop-new/>.
- [46] *Gnuplot homepage*. URL: <http://www.gnuplot.info/>.
- [47] *Official gnuplot documentation*. URL: <http://www.gnuplot.info/documentation.html>.
- [48] *Demos for gnuplot*. URL: <http://gnuplot.sourceforge.net/demo/>.
- [49] *Gnuplot и с чем его едят*. URL: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/517450/>.
- [50] *Asymptote homepage*. URL: <https://asymptote.sourceforge.io/>.
- [51] *Asymptote documentation*. URL: <https://asymptote.sourceforge.io/doc/index.html>.
- [52] Ю.М. Волченко. *Научная графика на языке Asymptote*. URL: <http://math.volchenko.com/AsyMan.pdf>.
- [53] P. Ivaldi. *Euclidean geometry with Asymptote*. URL: http://www.piprime.fr/files/res/geometry_en.pdf.
- [54] *Asymptote Gallery*. URL: <https://asymptote.sourceforge.io/gallery/index.html>.
- [55] *Asymptote examples collection*. URL: <https://asy.marris.fr/asymptote/>.
- [56] *Asymptote Web Application*. URL: <http://asymptote.ualberta.ca/>.
- [57] *Maxima homepage*. URL: <https://maxima.sourceforge.io/ru/index.html>.
- [58] *Maxima Documentation*. URL: <https://maxima.sourceforge.io/ru/documentation.html>.
- [59] Е.В. Маевский и П.В. Ягодковский. *Компьютерная математика. Высшая математика в СКМ Maxima. Часть I. Введение*. М.: Финансовый университет, 2013.
- [60] В.А. Ильина и П.К. Силаев. *Система аналитических вычислений МАХИМА для физиков-теоретиков*. М., 2007.

- [61] *Maxima on line*. URL: <http://maxima.cesga.es>.
- [62] *SAGE homepage*. URL: <https://www.sagemath.org/>.
- [63] *Octave homepage*. URL: <https://www.gnu.org/software/octave/>.
- [64] *The R Project for Statistical Computing*. URL: <https://www.r-project.org/>.
- [65] Б. Керниган и Д. Ритчи. *Язык программирования Си*. 3-е изд., испр. СПб.: Невский Диалект, 2001, с. 352.
- [66] А.В. Столяров. *Введение в язык Си++*. 5-е изд., испр. и доп. М.: МАКС Пресс, 2020, с. 156.
- [67] *GSL homepage*. URL: <https://www.gnu.org/software/gsl/>.
- [68] *Python homepage*. URL: <https://www.python.org/>.
- [69] *Jupyter*. URL: <https://jupyter.org/>.
- [70] *Google Colab*. URL: <https://colab.research.google.com/>.
- [71] *SymPy homepage*. URL: <https://www.sympy.org>.
- [72] *NumPy homepage*. URL: <https://numpy.org/>.
- [73] *Matplotlib*. URL: <https://matplotlib.org/>.
- [74] *Manim Community*. URL: <https://www.manim.community>.
- [75] *QuTiP homepage*. URL: <https://qutip.org/>.
- [76] *ROOT homepage*. URL: <https://root.cern/>.