

Лабораторная работа №8: Создание диаграмм и рисунков с помощью TikZ в \LaTeX Computer Skills for Scientific Writing

Николаев Дмитрий Иванович, НПМмд-02-24

17 декабря 2025 г.

Содержание

1	Цель работы	3
2	Теоретическое введение	3
3	Выполнение лабораторной работы	3
3.1	Часть 1: Воспроизведение примеров из пособия	3
3.2	Часть 2: Итоговые упражнения	10
4	Выводы	14

Список иллюстраций

1	Результат рисования ломаной линии по координатам	4
2	Различные типы линий и кривых	4
3	Примеры размещения текстовых меток (узлов)	5
4	Соединенные узлы с математическим содержимым	6
5	Сложный граф, объединяющий разные техники TikZ	7
6	График функции $y = x^2$, $y = \cos(x)$ и концентрические окружности	8
7	Итерации треугольника Серпинского	10
8	Результат выполнения Упражнения 1	11
9	Результат выполнения Упражнения 2	12
10	Ковер Серпинского (4 итерации)	14

Список листингов

1	Базовое рисование линий	3
2	Стилизация линий и кривые Безье	4
3	Размещение текстовых узлов	5
4	Узлы с оформлением и математикой	5
5	Построение сложного графа	6
6	График параболы, косинуса и циклы	7
7	Треугольник Серпинского	9
8	Код для Упражнения 1 (Граф)	11
9	Код для Упражнения 2 (Графики)	12
10	Код для генерации ковра Серпинского	13

1. Цель работы

Целью данной работы является доскональное изучение и практическое освоение инструментов создания векторной графики в \LaTeX с использованием пакета TikZ. Задача включает в себя воспроизведение примеров построения примитивов, графов, графиков функций и фрактальных структур из учебного пособия [1], а также выполнение итоговых упражнений на создание сложных иллюстраций.

2. Теоретическое введение

Пакет TikZ (рекурсивный акроним от нем. *TikZ ist kein Zeichenprogramm* — «TikZ — это не программа для рисования») представляет собой мощный инструмент для создания графики программным путем непосредственно в коде \LaTeX . В отличие от визуальных редакторов, TikZ позволяет описывать изображения с помощью команд, что обеспечивает высочайшее качество печати, единый стиль с основным документом (шрифты, математические формулы) и возможность автоматизации.

Рисунки создаются внутри окружения `tikzpicture`. Основными строительными блоками являются пути (`paths`), узлы (`nodes`) и стили. TikZ поддерживает декартовы и полярные координаты, циклы `\foreach`, математические вычисления (через библиотеку `tikz.math`) и множество библиотек для специфических задач (графы, цепи, диаграммы).

3. Выполнение лабораторной работы

Были последовательно воспроизведены все примеры из раздела 8 «Diagrams and drawings as code» учебного пособия [1], после чего выполнены задания для самостоятельной работы.

3.1. Часть 1: Воспроизведение примеров из пособия

1.1. Рисование прямых линий. Первым шагом было освоение команды `\draw`. Координаты задаются в круглых скобках (`x,y`) или в полярной системе (`угол:длина`). Код приведён в Листинг 1, результат — на Рис. 1.

Листинг 1: Базовое рисование линий

```
1 \begin{tikzpicture}
2   \draw (-1,0) -- (3,10pt) -- (35:3);
3 \end{tikzpicture}
```



Рис. 1: Результат рисования ломаной линии по координатам

1.2. Стилизация линий и кривые. Далее были рассмотрены опции стилизации (стрелки \rightarrow , цвет `red`) и специальные типы соединений: ортогональные сегменты (`-|`) и кривые линии с использованием команд `to[out=...,in=...]` и кривых Безье через `.. controls` ...

Листинг 2: Стилизация линий и кривые Безье

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \draw[->] (-1,0) -| (3,10pt);
3   \draw[red] (3,10pt) -- (35:3);
4 \end{tikzpicture}
5
6 \begin{tikzpicture}
7   \draw (-1,0) to (5,1);
8   \draw[green] (-1,0) to[out=90,in=135] (5,1);
9   \draw[cyan] (-1,0) .. controls (0,-2) .. (5,1);
10 \end{tikzpicture}
11
12 \begin{tikzpicture}
13   \draw[dotted,gray] (-1,0) -- (5,1);
14   \draw (-1,0) .. controls (0,-2) and (4,2) .. (5,1);
15 \end{tikzpicture}

```

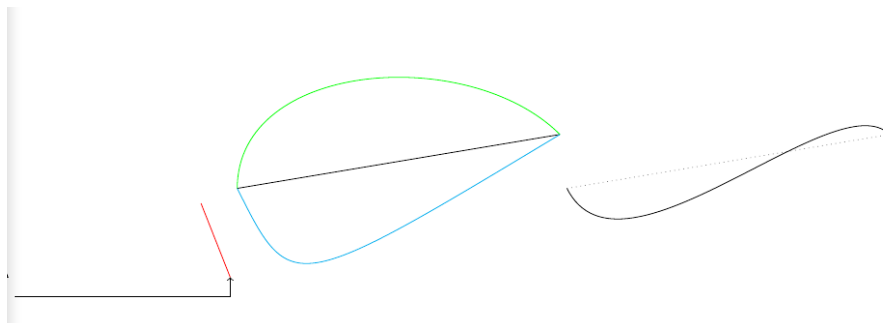


Рис. 2: Различные типы линий и кривых

1.3. Узлы (Nodes). Узлы используются для добавления текста и меток. Рассмотрено размещение узлов относительно координат и линий с помощью опций `midway`, `pos`, `above`, `right`.

Листинг 3: Размещение текстовых узлов

```

1 \begin{tikzpicture}[scale=3]
2 \draw (0,0) node {hello} -- (1,1) node {world};
3 \end{tikzpicture}
4
5 \begin{tikzpicture}[scale=3]
6 \draw (0,0) -- (1,1) node[midway]{A} node[pos=0.75,above]{B} node[below right]{C};
7 \end{tikzpicture}
8
9 \begin{tikzpicture}[scale=3]
10 \draw (0,0) to node[midway]{A} node[pos=0.75, above]{B} (1,1) node[right]{C};
11 \end{tikzpicture}

```

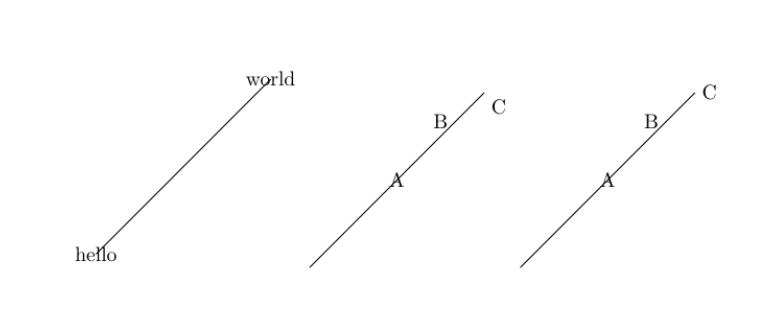


Рис. 3: Примеры размещения текстовых меток (узлов)

1.4. Узлы с формулами и фигурами. Узлы могут содержать математические формулы и иметь форму (круг, прямоугольник), если задана опция `draw`. Также была изучена техника именования узлов для последующего соединения их линиями.

Листинг 4: Узлы с оформлением и математикой

```

1 \begin{tikzpicture}[scale=3]
2 \draw (0,0) node[circle, draw]{ $\sum_{i=1}^n n^2$ } -- (1,1)
3 node[rectangle, draw]{ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ };
4 \end{tikzpicture}
5
6 \begin{tikzpicture}[scale=3]
7 % define nodes
8 \node[circle, draw] (label1) at (0,0) { $\sum_{i=1}^n n^2$ };
9 \node[rectangle, draw] (label2) at (1,1) { $\frac{1}{\sqrt{2}}$ };
10 % draw the line
11 \draw (label1) -- (label2);
12 \end{tikzpicture}

```

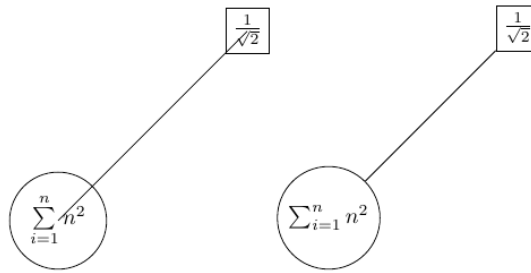


Рис. 4: Соединенные узлы с математическим содержанием

1.5. Сложный граф. Итоговый пример первой части демонстрирует объединение всех техник: определение именованных узлов разной формы и цвета, и соединение их различными типами линий (пунктирными, кривыми, цветными) с подписями.

Листинг 5: Построение сложного графа

```

1 \begin{tikzpicture}[scale=2]
2 % Define the nodes
3 \node[circle, draw] at (0,0) (a) {A};
4 \node[rectangle, fill] at (3,0) (b) {};
5 \node at (3,0.4) (blabel) {B};
6 \node[rectangle,rounded corners, draw] at (5,2) (c) {C};
7 % Draw the paths
8 \draw[->, green] (a) -- (b) node[midway, below,black]{2};
9 \draw[<->, blue] (a) to[out=45, in=135] (b);
10 \draw[->,red] (b)--(c);
11 \draw[brown,dotted,very thick] (b) |- (c);
12 \draw[<->,cyan] (b) -| (c);
13 \draw[thick,black] (a).. controls (1,5) .. (c) node[midway, above]{$\frac{1}{2}$};
14 \end{tikzpicture}

```

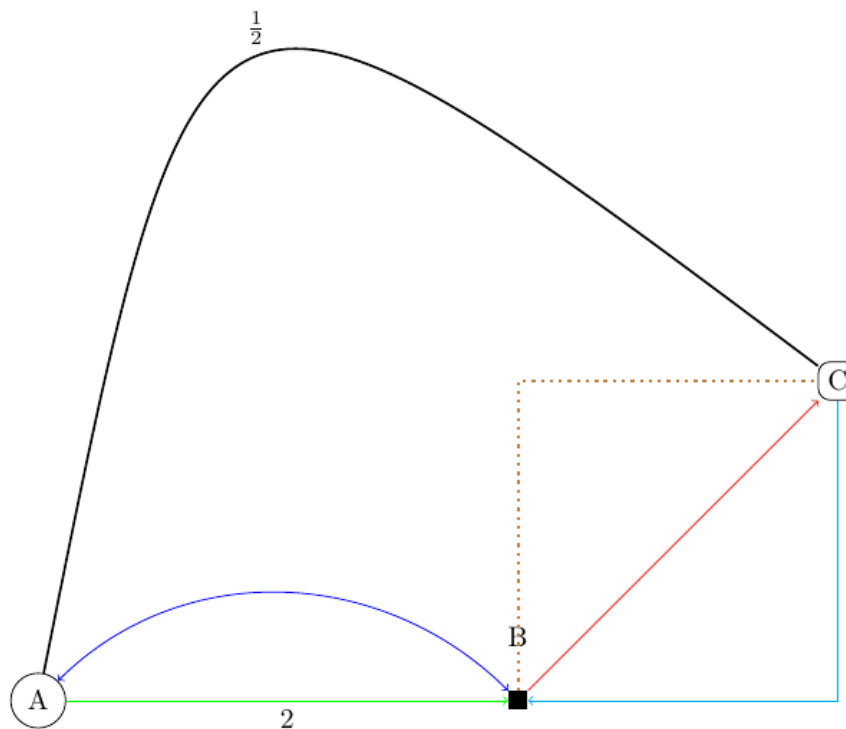


Рис. 5: Сложный граф, объединяющий разные техники TikZ

1.6. Графики функций и циклы. TikZ позволяет строить графики элементарных функций, указывая домен (область определения) и количество точек выборки (samples). Также изучены циклы `\foreach` для повторяющихся действий.

Листинг 6: График параболы, косинуса и циклы

```

1 \begin{tikzpicture}
2 \draw [domain=-2:2] plot (\x, {pow(\x,2)});
3 \end{tikzpicture}
4
5 \begin{tikzpicture}[scale=1.5]
6 % Draw the x and y axis, label the axes and the origin
7 \draw[gray, ->] (-2,0) -- (2,0) node[right]{$x$} node[pos=0.53, below]{$0$};
8 \draw[gray, ->] (0,-1) -- (0,1.3) node[above]{$y$};
9 \draw[fill,gray] (0,0) circle [radius=1pt];
10 % Plot the curve
11 \draw[blue, thick] [domain=-2:2, samples=150] plot (\x, {cos(pi*\x r)}) node[right]{$y = \cos(x)$};
12 % Note: the r in the argument of the cosine signifies that we enter \x in radians
13 \end{tikzpicture}
14
15 \begin{tikzpicture}[scale=0.75]
16 \foreach \x in {0,1,2,3}
17 \draw[red,thick] (0,\x) circle [radius=\x+1];
18 \end{tikzpicture}

```

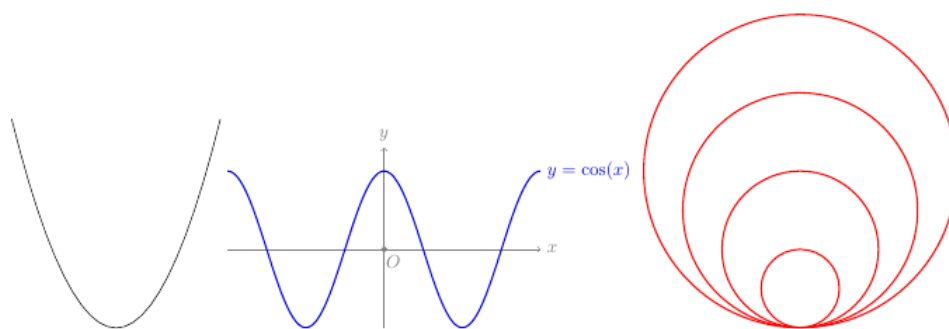


Рис. 6: График функции $y = x^2$, $y = \cos(x)$ и концентрические окружности

1.7. Фракталы (Треугольник Серпинского). С использованием библиотеки `tikz.math` была реализована рекурсивная функция для построения треугольника Серпинского.

Листинг 7: Треугольник Серпинского

```

1 \usepackage{tikz}
2 \usetikzlibrary{math}
3
4 % Define a equilateral triangle with lower left corner at coordinate #1 and
5 % with length of the sides #2
6 \newcommand\Triangle[2]{
7     \draw #1 coordinate(a) -- ++(0:#2) coordinate(b);
8     \draw (a) -- ++(60:#2) coordinate(c);
9     \fill (a) -- (b) -- (c) -- cycle;
10 }
11
12 \begin{document}
13 \begin{tikzpicture}
14     \tikzmath{
15         % Define the recursive function sierpinski
16         function sierpinski(\x, \y, \s, \d) {
17             if (\d == 0) then {
18                 % Draw a triangle lower left corner at (\x, \y), length \s
19                 { \Triangle{(\x,\y)}{\s}; };
20             } else {
21                 % Rescale the length of the sides and choose correct coords
22                 % for the next triangles
23                 \u1 = 0.25*\s;
24                 \u2 = \u1*sqrt(3);
25                 \u3 = 0.5*\s;
26                 sierpinski(\x,\y,\u3,\d-1);
27                 sierpinski(\x+\u3,\y,\u3,\d-1);
28                 sierpinski(\x+\u1,\y+\u2,\u3,\d-1);
29             };
30         };
31         % Let the length of the sides of the base triangle be 4, and generate 6 figures
32         \S = 4;
33         for \d in {0,...,5}{
34             % To situate all plots nicely under and next to each other, define the
35             coords
36             % of the lower left corners preemptively
37             \x = (\S+1)*mod(\d,2);
38             \y = int(\d/2) * (\S+1);
39             sierpinski(\x,-\y,\S,\d);
40         };
41     }
42 \end{tikzpicture}

```

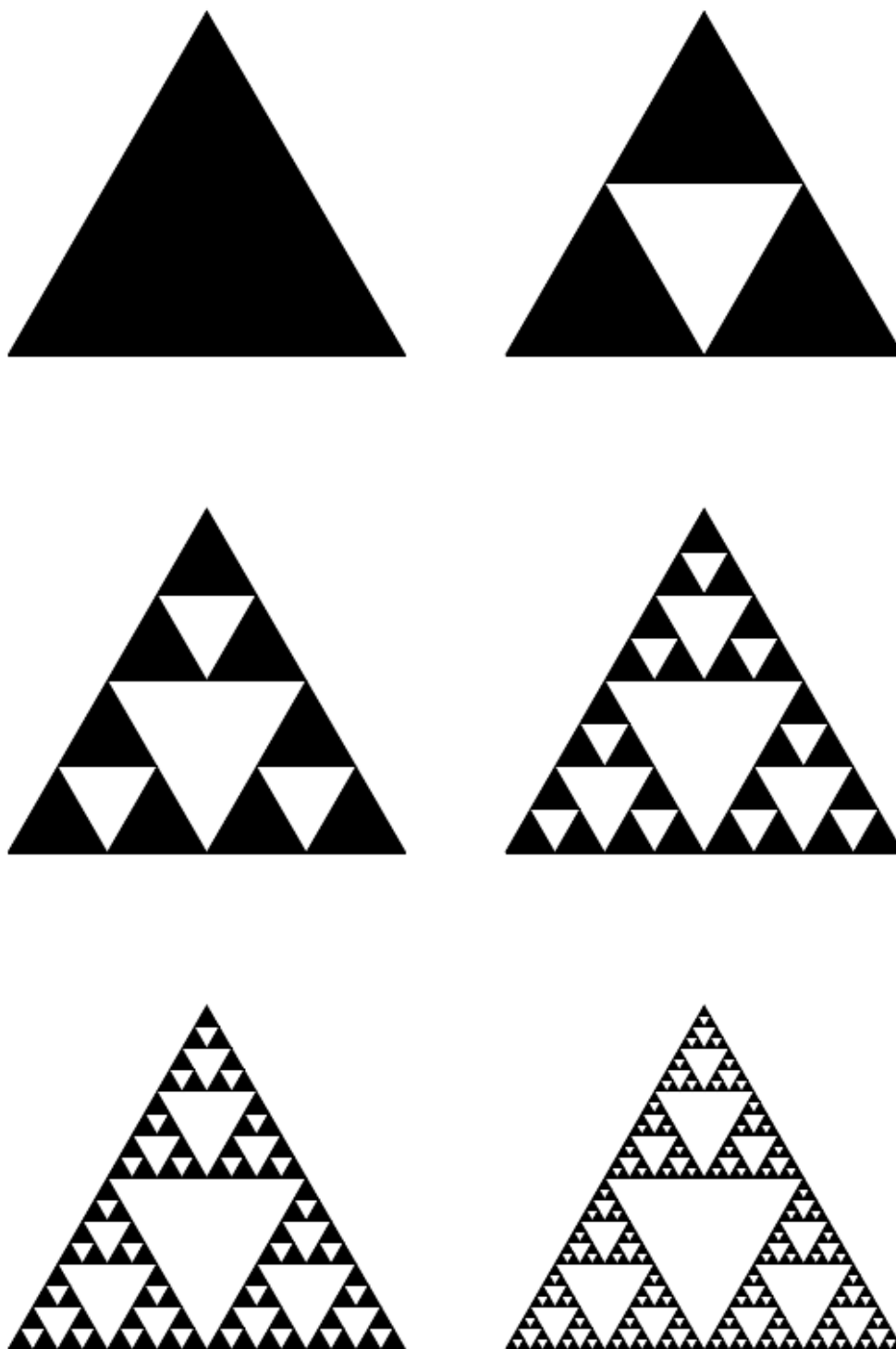


Рис. 7: Итерации треугольника Серпинского

3.2. Часть 2: Итоговые упражнения

2.1. Упражнение 1: Граф с полярными координатами. Необходимо было построить граф с 6 узлами по кругу. Использовались полярные координаты (угол:радиус) для размещения узлов А–F.

Листинг 8: Код для Упражнения 1 (Граф)

```

1 \begin{tikzpicture}
2   % Определение узлов в цикле
3   \foreach \angle/\label/\col in {150/B/white, 270/D/white, 30/F/white} {
4     \node[circle, draw, double, fill=\col, minimum size=0.8cm] (\label) at (\angle:3cm) {\Large \label};
5   }
6   \foreach \angle/\label/\col in {90/A/green, 210/C/green, 330/E/green} {
7     \node[circle, draw, fill=\col, minimum size=0.8cm] (\label) at (\angle:3cm) {\Large \label};
8   }
9
10  % Соединения
11  \draw[red] (A) to[out=150, in=40] (B);
12  \draw[red] (A) to[out=200, in=35] (D) node[midway, right] {\Large $\sqrt{2}$}; % Кривая
13  \draw[red] (A) to[out=340, in=90] (E);
14
15  \draw[blue, dotted, very thick] (B) -- (F) node[midway, above] {\large 6};
16  \draw[cyan, thick] (B) to[out=260, in=100] (C);
17
18  \draw[blue, dotted] (B) -- (D) node[midway, left] {\large 2};
19  \draw[blue, dotted] (F) -- (D) node[midway, right] {\large 4};
20  \draw[cyan, thick] (C) to[out=320, in=125] (D);
21
22 \end{tikzpicture}

```

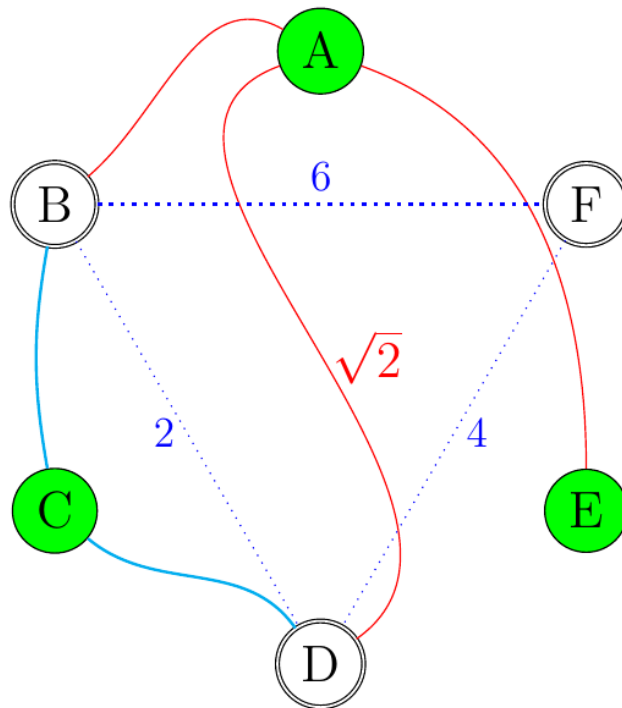


Рис. 8: Результат выполнения Упражнения 1

2.2. Упражнение 2: Графики экспоненты и логарифма. Требовалось построить графики $y = e^x$ и $y = \ln(x)$. При построении логарифма важно учитывать область определения ($x > 0$), поэтому домен начинался с 0.1.

Листинг 9: Код для Упражнения 2 (Графики)

```

1 \begin{tikzpicture}[scale=1.5]
2   % Оси
3   \draw[gray, ->] (-1,0) -- (1.75,0) node[right] {\large  $x$ };
4   \draw[gray, ->] (0,-2) -- (0,3.4) node[above] {\large  $y$ };
5   \node[below right, gray] at (0,0) {$0$};
6   \draw[fill,gray] (0,0) circle [radius=1pt];
7
8   % Метки на осях
9   \draw [gray] (1, 2pt) -- (1, -2pt) node[below right = -2.5pt] {\large  $x=1$ };
10  \draw [gray] (2pt, 1) -- (-2pt, 1) node[left] {\large  $y=1$ };
11
12  % График  $e^x$ 
13  \draw[blue, thick, domain=-1:1.2] plot (\x, {\exp(\x)}) node[right] {$y=e^x$};
14
15  % График  $\ln(x)$ 
16  \draw[black, thick, domain=0.1:1.5] plot (\x, {\ln(\x)}) node[right] {$y=\ln(x)$};
17 \end{tikzpicture}

```

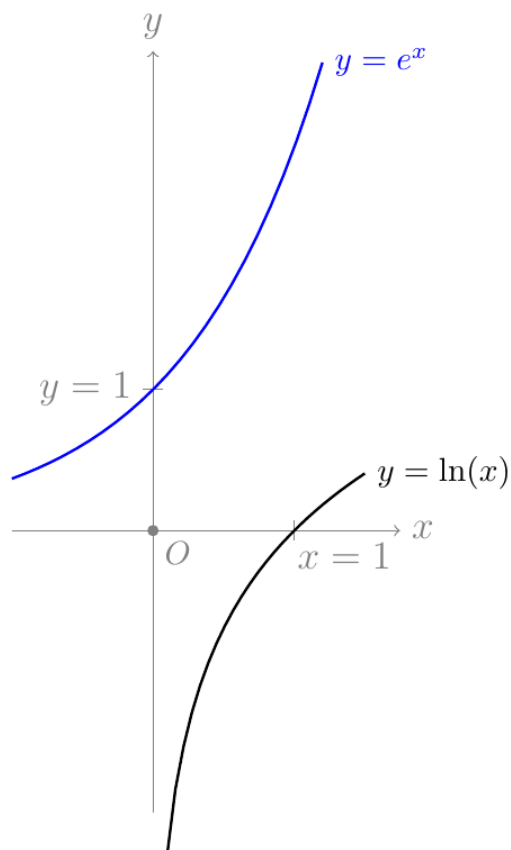


Рис. 9: Результат выполнения Упражнения 2

2.3. Упражнение 3: Ковер Серпинского. Для реализации ковра Серпинского код треугольника был модифицирован. Квадрат делился на 9 частей, центральная часть пропускалась, а для остальных 8 вызывалась рекурсия.

Листинг 10: Код для генерации ковра Серпинского

```

1 \usetikzlibrary{math}
2 \begin{tikzpicture}
3 \tikzmath{
4   function sierpinski_carpet(\x, \y, \s, \d) {
5     if (\d == 0) then {
6       { \fill[black] (\x, \y) rectangle (\x+\s, \y+\s); };
7     } else {
8       \ns = \s/3;
9       for \ix in {0, 1, 2} {
10        for \iy in {0, 1, 2} {
11          if (\ix == 1 && \iy == 1) then {
12            % Пропускаем центр дырка()
13          } else {
14            sierpinski_carpet(\x + \ix*\ns, \y + \iy*\ns, \ns, \d-1);
15          };
16        };
17      };
18    };
19  };
20 }
21 % Вызов функции для 4 итераций
22 \tikzmath{
23   \S = 5;
24   for \d in {1,...,4}{
25     % To situate all plots nicely under and next to each other, define the coords
26     % of the lower left corners preemptively
27     \x = (\S+1)*mod(\d-1,2);
28     \y = int((\d-1)/2) * (\S+1);
29     sierpinski_carpet(\x, -\y, \S, \d);
30   };
31 }
32 \end{tikzpicture}

```

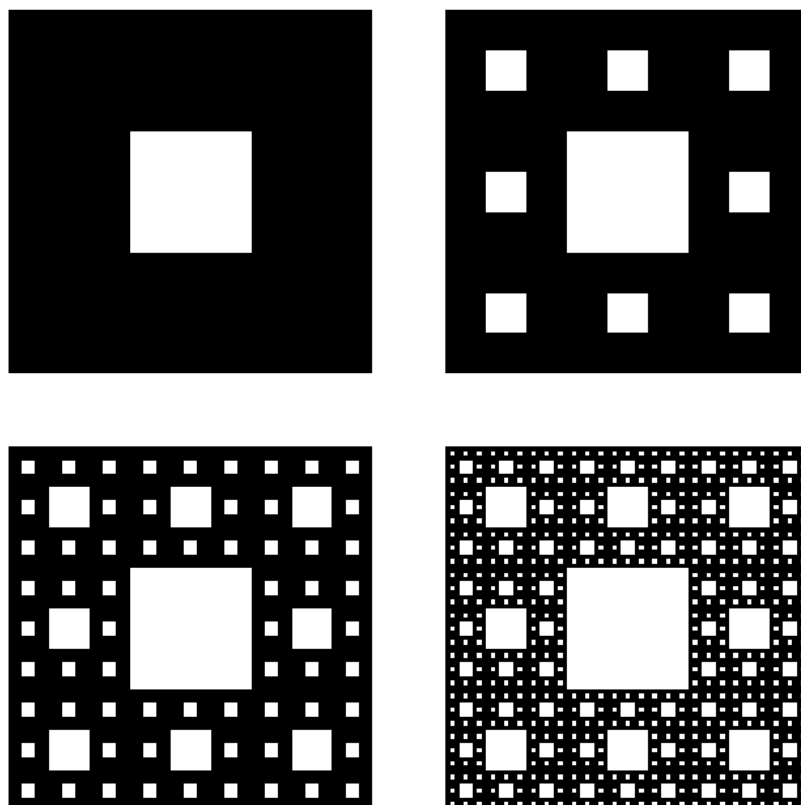


Рис. 10: Ковер Серпинского (4 итерации)

4. Выводы

В ходе лабораторной работы были полностью изучены возможности пакета TikZ для создания графики в \LaTeX . Были освоены базовые примитивы (линии, узлы), техники стилизации, работа с координатами и построение графиков функций. Особое внимание было уделено программному подходу к созданию изображений с использованием циклов и рекурсии на примере фракталов Серпинского.

Список литературы

- [1] Д. С. Кулябов, А. В. Королькова и М. Н. Геворкян. *Practical scientific writing*. Учебное пособие. Москва: RUDN University, 2025. URL: https://esystem.rudn.ru/pluginfile.php/2862317/mod_folder/content/0/Practical-scientific-writing.pdf.