

Отчёт по лабораторной работе №8

Дарижапов Тимур Андреевич

20 декабря 2025 г.

РУДН, Москва, Россия

Лабораторная работа №8

Графика в LaTeX с использованием TikZ: линии и пути, узлы и подписи, графики функций, циклы и рекурсивные фигуры

Цель: освоить построение графики в LaTeX с помощью `tikz`, включая стили, узлы, графики функций и рекурсию (`tikzmath`).

Задачи:

- `tikzpicture` и базовые пути
- кривые и управление траекторией
- `node` и подписи
- стили линий и стрелки
- графики функций
- цикл `\foreach`
- рекурсивные построения (ковёр Серпинского)
- упражнения раздела 8.2

1. Подключение TikZ

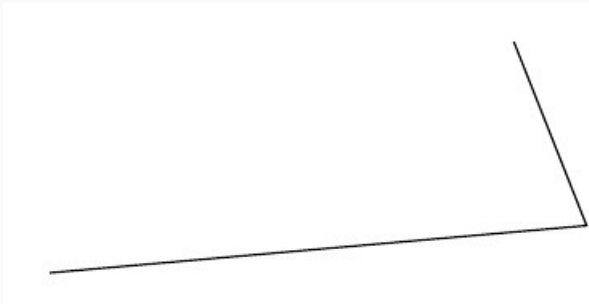
- Для рисунков используется окружение `tikzpicture`.
- Для рекурсивных алгоритмов подключается библиотека `math`.

```
\documentclass[border=1cm]{standalone}  
\usepackage{tikz}  
\usetikzlibrary{math}
```

2. Прямые линии и ломанные пути

- Линии задаются командой `\draw`.
- Путь строится сегментами с помощью `--`.
- Можно смешивать координаты:
 - декартовы: (x, y)
 - полярные: $(\text{угол}:\text{радиус})$

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



2.2 Угловое соединение и стрелки

- -| строит путь «сначала по горизонтали, потом по вертикали» (или наоборот в |-).
- Стрелки задаются опциями ->, <-, <->.
- Цвет и стиль линии задаются опциями, например [red].

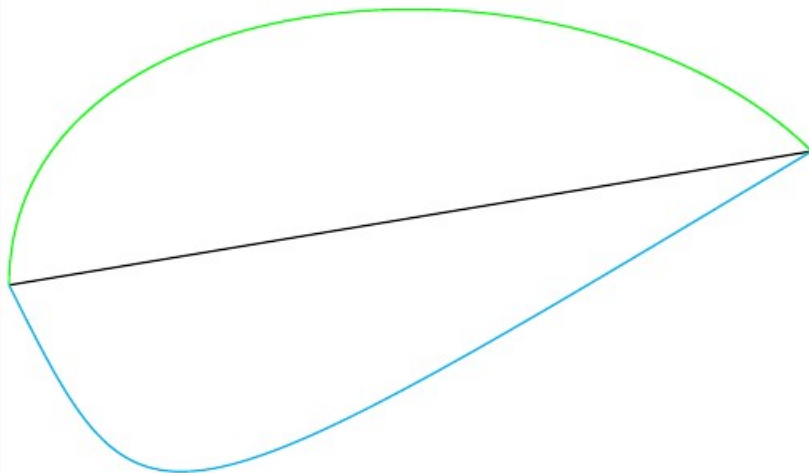
```
\begin{tikzpicture}  
  \draw[->] (-1,0) -| (3,10pt);  
  \draw[red] (3,10pt) -- (35:3);  
\end{tikzpicture}
```



3. Кривые и управление траекторией

- Прямая: `to`.
- Кривая по направлениям: `to[out=...,in=...]`.
- Кривая Безье: `.. controls (...) ...`

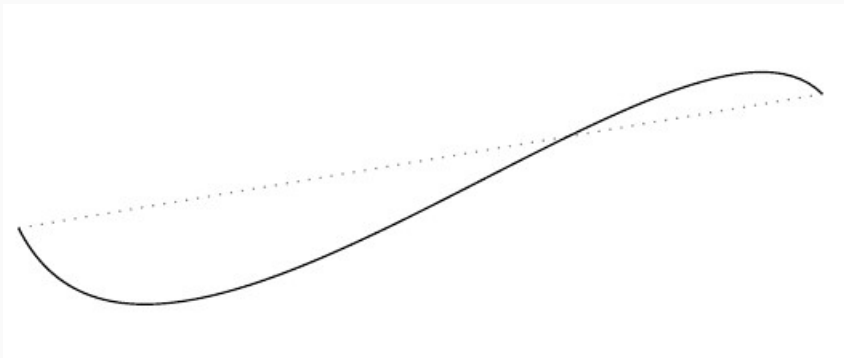
```
\begin{tikzpicture}  
  \draw (-1,0) to (5,1);  
  \draw[green] (-1,0) to[out=90,in=135] (5,1);  
  \draw[cyan] (-1,0) .. controls (0,-2) .. (5,1);  
\end{tikzpicture}
```



3.2 Две контрольные точки

- Сравнение прямой (как опоры) и кривой Безье.
- Вариант с двумя контрольными точками позволяет точнее «управлять формой».

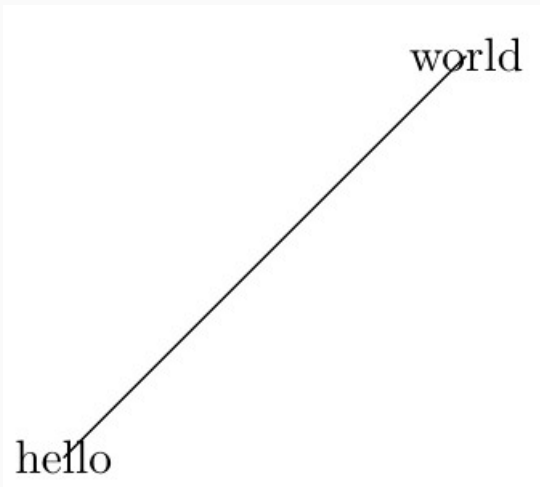
```
\begin{tikzpicture}  
  \draw[dotted,gray] (-1,0) -- (5,1);  
  \draw (-1,0) .. controls (0,-2) and (4,2) .. (5,1);  
\end{tikzpicture}
```



4. Подписи и узлы

- `node {text}` добавляет подпись в точке.
- Узлы можно ставить на концах отрезка и прямо на пути.

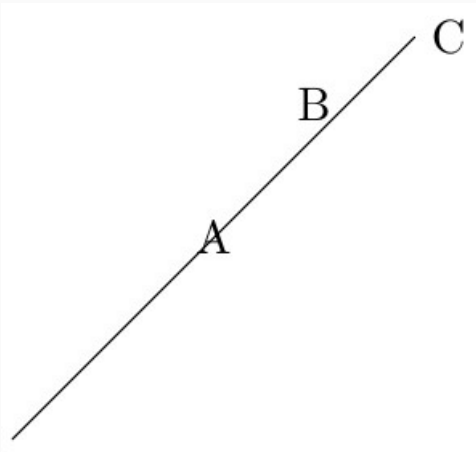
```
\begin{tikzpicture}[scale=3]  
  \draw (0,0) node {hello} -- (1,1) node {world};  
\end{tikzpicture}
```



4.2 Позиционирование подписей

- `node[midway]{...}` — подпись по центру.
- `node[pos=0.75,above]{...}` — подпись в заданной доле пути и сверху.
- `node[right]{...}` — подпись справа от точки.

```
\begin{tikzpicture}[scale=3]
  \draw (0,0) -- (1,1)
    node[midway]{A}
    node[pos=0.75,above]{B}
    node[right]{C};
\end{tikzpicture}
```



5. Узлы с оформлением и математикой

- Узел может быть фигурой: `circle`, `rectangle`.
- Внутри узла можно писать формулы: $\sum_{i=1}^n n^2$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

```
\begin{tikzpicture}[scale=3]
  \draw (0,0) node[circle, draw]{$\sum_{i=1}^n n^2$}
    -- (1,1) node[rectangle, draw]{$\frac{1}{\sqrt{2}}$};
\end{tikzpicture}
```

A diagram illustrating the relationship between the sum of squares and its limit value. A circle on the left contains the formula $\sum_{i=1}^n n^2$. A line connects the top-right edge of the circle to the bottom-left corner of a square on the right. The square contains the fraction $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

$$\sum_{i=1}^n n^2$$
$$\frac{1}{\sqrt{2}}$$

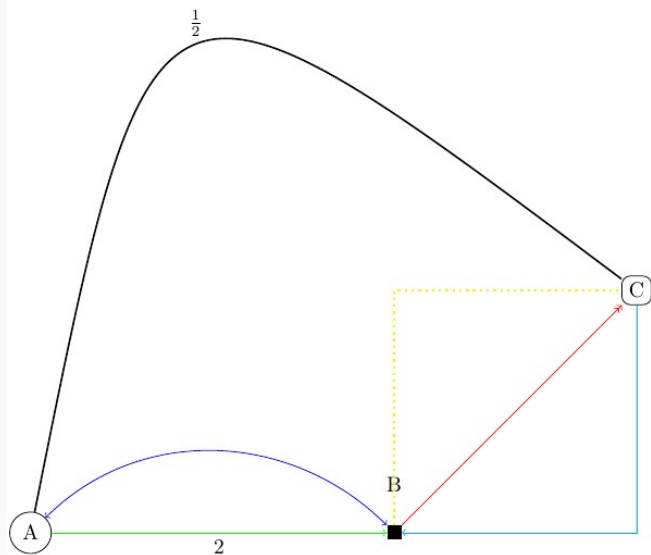
6. Узлы, стрелки и стили линий

- Узлы создаются через `\node ... (name) ...;`, потом используются по именам.
- Разные стили путей: цвет, толщина, пунктир, стрелки.
- На ребре можно ставить подпись через `node[midway,...]{...}`.

```

\begin{tikzpicture}[scale=2]
\node[circle, draw] at (0,0) (a) {A};
\node[rectangle, fill] at (3,0) (b) {};
\node[rectangle,rounded corners, draw] at (5,2) (c) {C};
\draw[->, green] (a) -- (b) node[midway, below,black]{2};
\draw[<->, blue] (a) to[out=45, in=135] (b);
\draw[->>,red] (b)--(c);
\draw[yellow,dotted,very thick] (b) |- (c);
\draw[thick,black] (a).. controls (1,5) .. (c) node[midway, above]{ $\frac{1}{2}$ };
\end{tikzpicture}

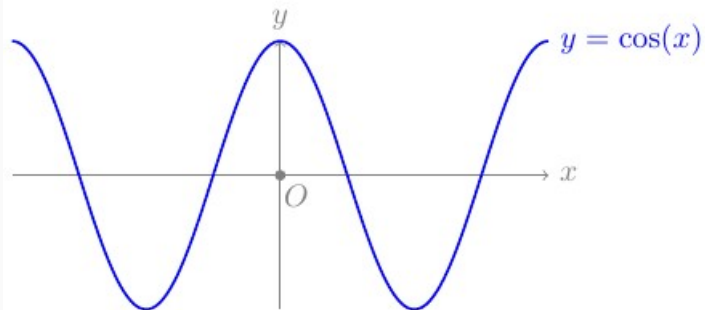
```



7. Графики функций

- Графики строятся через `plot` на заданном `domain`.
- `samples` увеличивает гладкость.
- Важно: в `cos(...)` используется радианная форма, поэтому стоит `r`.

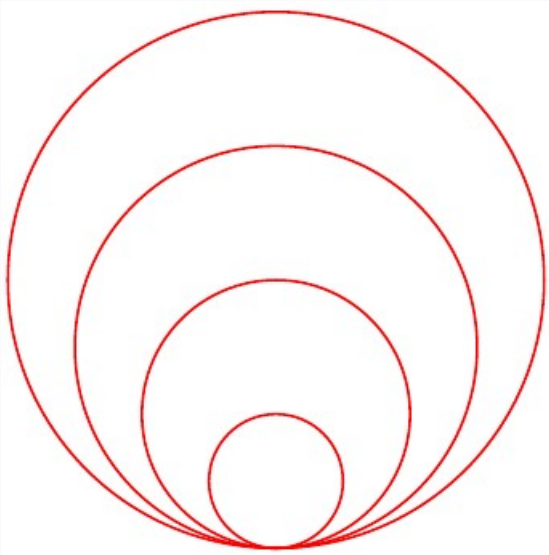
```
\begin{tikzpicture}[scale=1.5]
\draw[blue, thick] [domain=-2:2, samples=150]
  plot (\x, {cos(pi*\x r)})
  node[right]{$y = \cos(x)$};
\end{tikzpicture}
```



8. Циклы \foreach

- `\foreach` позволяет повторять однотипные элементы.
- Радиус зависит от значения `\x`, поэтому окружности получаются разных размеров.

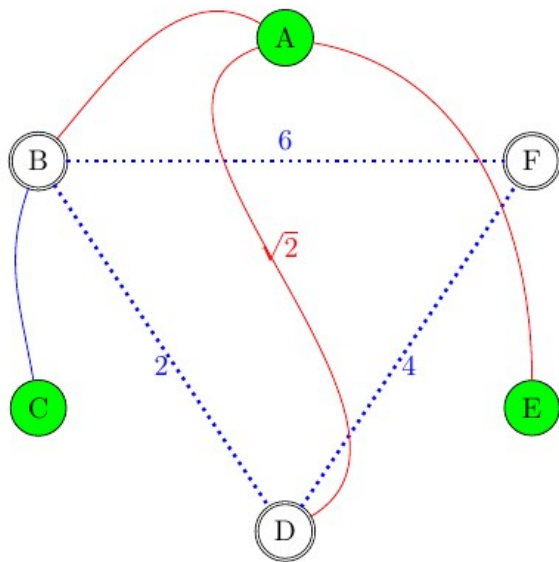
```
\begin{tikzpicture}[scale=0.75]  
  \foreach \x in {0,1,2,3}  
    \draw[red,thick] (0,\x) circle [radius=\x+1];  
\end{tikzpicture}
```



Упражнения 8.2

- Вершины: `\node`.
- Рёбра: `\draw` между вершинами.
- Подписи веса: `node[midway, ...]{...}`.
- Оформление: двойные круги, заливка, разные цвета рёбер.

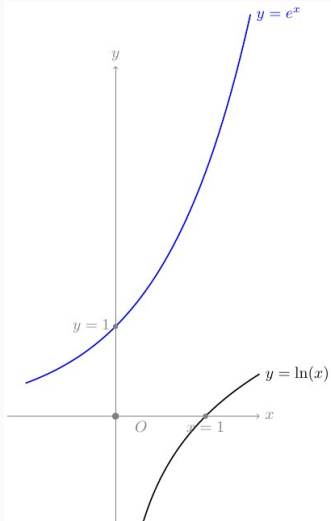
```
\node[circle,draw, double] (b) at (0,0) {B};  
\node[circle,draw, double] (f) at (2,0) {F};  
\node[circle,draw, double] (d) at (1,-1.5) {D};  
\draw[blue,dotted,very thick] (b) to node[midway, above]{6} (f);  
\draw[blue,dotted,very thick] (b) to node[midway, below]{2} (d);  
\draw[blue,dotted,very thick] (d) to node[midway, below]{4} (f);  
\node[circle,draw,fill=green] (a) at (1,0.5) {A};  
...  
\draw[red] (a) to[out=200, in=30] node[midway, above]{ $\sqrt{2}$ } (d);
```



8.2.2 Графики ($y = e^x$) и ($y = \ln(x)$)

- Две разные функции на одной системе координат.
- Отмечены характерные точки $x = 1, y = 1$.

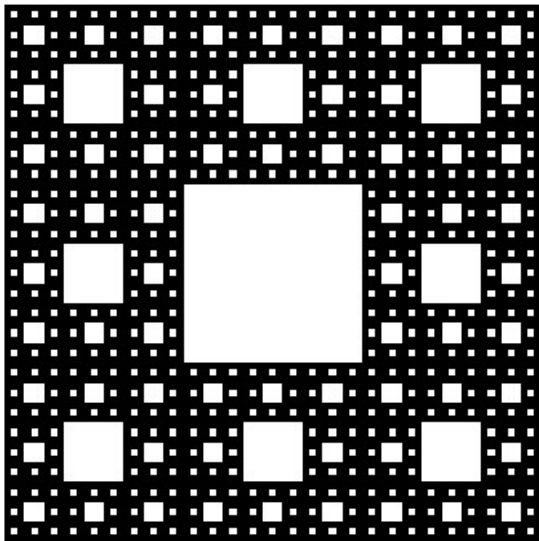
```
\draw[gray, ->] (-1.2,0) -- (1.6,0) node[right]{$x$};  
\draw[gray, ->] (0,-1.2) -- (0,3.9) node[above]{$y$};  
\draw[blue, thick] [domain=-1:1.5, samples=150]  
  plot (\x, {exp(\x)}) node[right]{$y=e^x$};  
\draw[black, thick, domain=0.3:1.6, samples=200]  
  plot (\x, {ln(\x)}) node[right]{$y=\ln(x)$};  
\fill[gray] (1,0) circle (0.03); \node[gray, below] at (1,0) {$x=1$};  
\fill[gray] (0,1) circle (0.03); \node[gray, left] at (0,1) {$y=1$};
```



8.2.3 Ковёр Серпинского (рекурсия)

- Используется `\tikzmath` и рекурсивная функция `carpet`.
- При $d = 0$ рисуется квадрат.
- Иначе квадрат делится на 3×3 и рекурсивно заполняются 8 областей.

```
\def\S{6}  
\def\D{4}  
\tikzmath{  
function carpet(\x,\y,\s,\d){  
  if (\d==0) then {  
    { \fill (\x,\y) rectangle ++(\s,\s); };  
  } else {  
    \ns=\s/3;  
    carpet(\x,\y,\ns,\d-1);  
    ...  
    carpet(\x+2*\ns,\y+2*\ns,\ns,\d-1);  
  };  
};  
carpet(0,0,\S,\D);
```



Итоги

- Освоены пути и стили линий: `--`, `to`, `-|`, `.. controls ..`
- Использованы узлы и подписи: `node`, `midway`, `pos`
- Построены графики функций: $y = \cos(x)$, $y = e^x$, $y = \ln(x)$
- Применены циклы: `\foreach`
- Реализована рекурсия в TikZ через `\tikzmath` (ковёр Серпинского)
- Выполнены упражнения раздела 8.2

В ходе лабораторной работы №8 изучены основные средства TikZ для построения графики в LaTeX: от базовых линий и узлов до графиков функций, циклов и рекурсивных построений. Реализованные примеры показывают, что TikZ позволяет описывать графику как программную конструкцию и получать воспроизводимые рисунки для отчётов и презентаций.

1. Львовский С.М. *Набор и вёрстка в системе LaTeX*. Москва: МЦНМО, 2014. 400 с.

Спасибо за внимание!