

# Графика в $\text{\LaTeX}$

Страхов Е. М.

7 декабря 2016



*“A picture is worth a thousand words.”*

---

An English idiom

*“As the Chinese say, 1001 words is worth more than a picture.”*

---

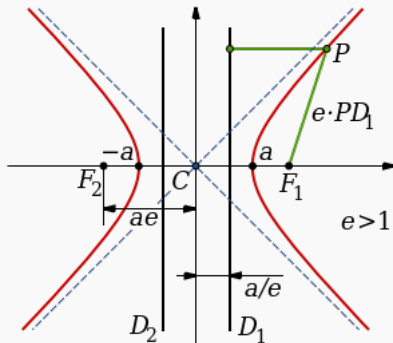
John McCarthy, computer scientist



## Вставка изображений

# \includegraphics

```
% \usepackage{graphicx}
\begin{center}
\includegraphics[scale=0.5]{hyperbola.png}
\end{center}
```



## Растровые изображения:

- .png (рекомендуется)
- .jpg
- .bmp

### Недостаток

Потеря качества («размытие») при масштабировании

## Растровый формат не подходит для:

- графиков
- диаграмм
- схем
- чертежей

## Векторные изображения:

- .pdf
- .eps
- .svg

!

Конвертирование .png → .pdf ничего хорошего не даёт

# Как **создать** векторное изображение?

- 1 Воспользоваться векторным графическим редактором
  - CorelDRAW
  - Adobe Illustrator
  - Inkscape (**open source**)
  - и другие...
- 2 Встроенная графика в  $\text{\LaTeX}$ :  
PGF/Tikz, matplotlib, gnuplot...  
**all free, open source**





---

▶ **Пакет tikz**

---

**PGF** = **P**ortable **G**raphics **F**ormat

**TikZ** = TikZ ist *kein* Zeichenprogramm

\* *TikZ не программа для рисования* (рекурсивный акроним)

Технически **TikZ** — это набор макросов на языке низкого уровня **PGF** для описания изображений (сравните с **TeX/LaTeX**)

Автор:

Prof. Dr. **Till Tantau** (Universität zu Lübeck)

Написано на: **TeX, Lua**



```
% \usepackage{tikz}
% \usetikzlibrary{...}

\begin{tikzpicture} % [options]
% code
\end{tikzpicture}
```

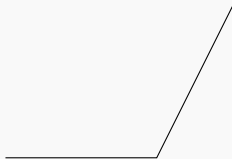
---

# Пакет tikz

▣ Линии

---

```
\begin{tikzpicture}  
\draw (0,0) -- (2,0) -- (3,2);  
\end{tikzpicture}
```

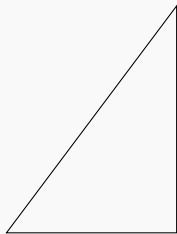


По умолчанию значения координат — в сантиметрах

Можно использовать любые единицы длины, в том числе и относительные (`textwidth`, `textheight` и др.)

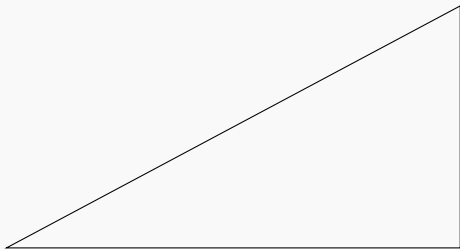
## Египетский треугольник

```
\begin{tikzpicture}[scale=0.75]  
\draw (0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```



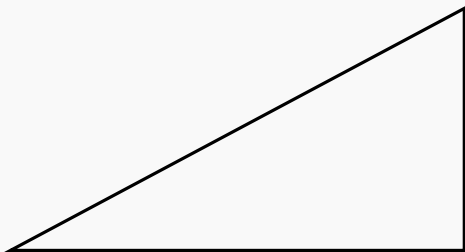
## Египетский треугольник

```
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\draw (0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```



## Египетский треугольник

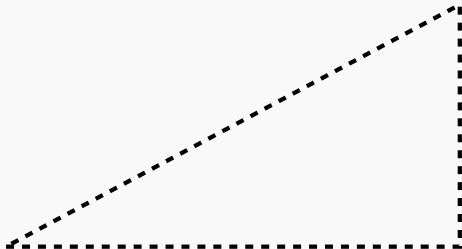
```
% options: ultra thin, very thin, thin, semithick,  
%          thick, very thick, ultra thick, line width = ...  
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\draw[very thick] (0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```





## Египетский треугольник

```
% dotted, loosely dotted, densely dotted  
% dashed, loosely dashed, densely dashed  
% double, double distance = ...  
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\draw[dashed, ultra thick] (0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```





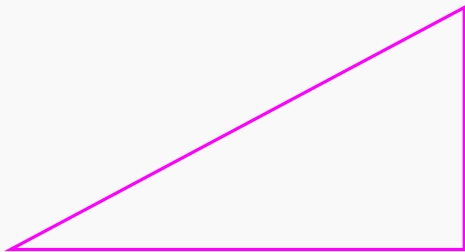
---

# Пакет tikz

- ▣ Цвет, оттенки и заливка
-

## Египетский треугольник

```
% \usepackage[dvipsnames, svgnames, x11names]{xcolor}  
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\draw[very thick, Magenta]  
(0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```

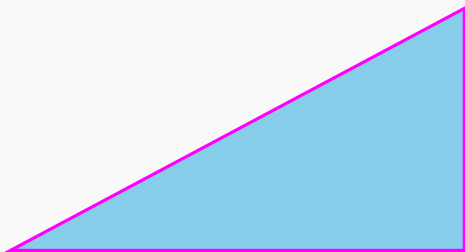


## Внимание

Пакет `xcolor` нужно подключать **перед** пакетом `tikz`

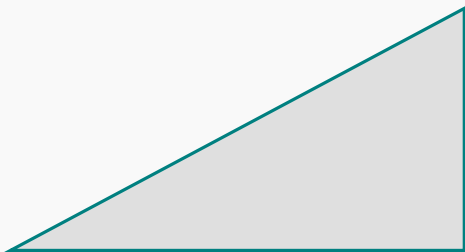
## Египетский треугольник

```
% \usepackage[dvipsnames, svgnames, x11names]{xcolor}  
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\draw[very thick, Magenta, fill=SkyBlue]  
(0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```



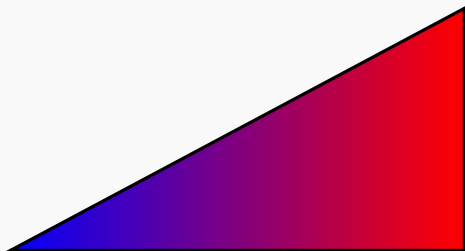
## Египетский треугольник

```
% \usepackage[dvipsnames, svgnames, x11names]{xcolor}  
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\draw[very thick, green!50!blue, fill=gray!25]  
(0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```



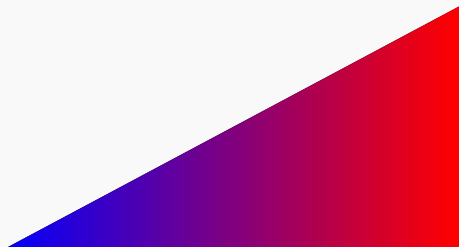
## Египетский треугольник

```
% \usepackage[dvipsnames, svgnames, x11names]{xcolor}  
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\draw[very thick, left color=blue, right color=red]  
(0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```



## Египетский треугольник

```
% \usepackage[dvipsnames, svgnames, x11names]{xcolor}  
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\fill[very thick, left color=blue, right color=red]  
(0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```



## Египетский треугольник

```
% \usepackage[dvipsnames, svgnames, x11names]{xcolor}  
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\fill[very thick, top color=SkyBlue, bottom color=Orchid]  
(0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```





## Египетский треугольник

```
% \usepackage[dvipsnames, svgnames, x11names]{xcolor}  
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]  
\fill[very thick, inner color=DarkBlue, outer color=Gold]  
(0,0) -- (3,0) -- (3,4) -- cycle;  
\end{tikzpicture}
```





---

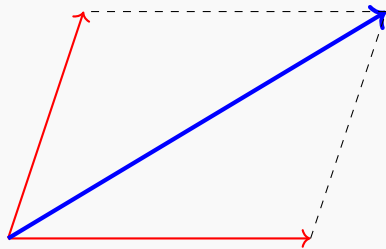
**Пакет tikz**

**▣ Стрелки**

---

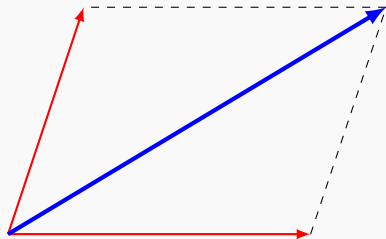
## Правило параллелограмма сложения векторов

```
\begin{tikzpicture}
\draw[thick, ->, red] (0,0) -- (4,0);
\draw[thick, ->, red] (0,0) -- (1,3);
\draw[ultra thick, ->, blue] (0,0) -- (5,3);
\draw[dashed] (4,0) -- (5,3) -- (1,3);
\end{tikzpicture}
```



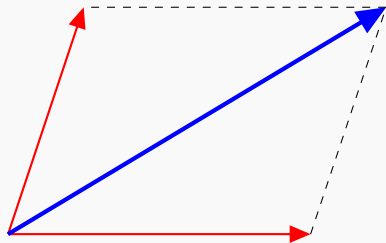
## Правило параллелограмма сложения векторов

```
\begin{tikzpicture}[>=latex]
\draw[thick, ->, red] (0,0) -- (4,0);
\draw[thick, ->, red] (0,0) -- (1,3);
\draw[ultra thick, ->, blue] (0,0) -- (5,3);
\draw[dashed] (4,0) -- (5,3) -- (1,3);
\end{tikzpicture}
```



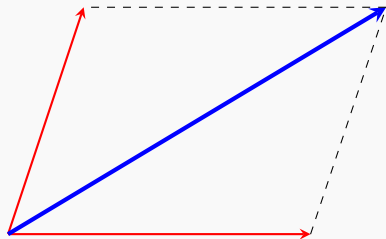
## Правило параллелограмма сложения векторов

```
\begin{tikzpicture}[>=triangle 45]  
\draw[thick, ->, red] (0,0) -- (4,0);  
\draw[thick, ->, red] (0,0) -- (1,3);  
\draw[ultra thick, ->, blue] (0,0) -- (5,3);  
\draw[dashed] (4,0) -- (5,3) -- (1,3);  
\end{tikzpicture}
```



## Правило параллелограмма сложения векторов

```
\begin{tikzpicture}[>=stealth]
\draw[thick, ->, red] (0,0) -- (4,0);
\draw[thick, ->, red] (0,0) -- (1,3);
\draw[ultra thick, ->, blue] (0,0) -- (5,3);
\draw[dashed] (4,0) -- (5,3) -- (1,3);
\end{tikzpicture}
```



# Двусторонние стрелки

## Just a stupid double-headed arrow

```
\begin{tikzpicture}[>=stealth]  
\draw[line width=3pt, <->, SeaGreen] (0,0) -- (1,1);  
\end{tikzpicture}
```



## Another stupid arrow

```
\begin{tikzpicture}[>=stealth]  
\draw[line width=3pt, |->, SeaGreen] (0,0) -- (1,1);  
\end{tikzpicture}
```





---

# Пакет tikz

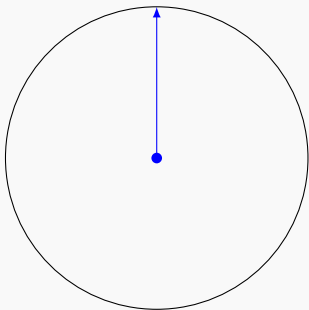
## ▣ Геометрические фигуры

---



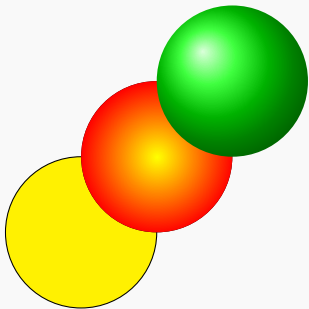
## Элементы окружности

```
\begin{tikzpicture}[>=latex]
\draw (1,1) circle (2cm); % окружность
\fill[blue] (1,1) circle (2pt); % центр
\draw[blue, ->] (1,1) -- (1,3); % радиус
\end{tikzpicture}
```



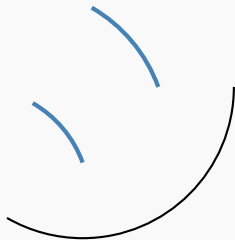
## Круги с заливкой

```
\begin{tikzpicture}  
\draw[fill=yellow] (0,0) circle (1);  
\fill[inner color=yellow, outer color=red] (1,1) circle (1);  
\shade[ball color=green] (2,2) circle (1);  
\end{tikzpicture}
```



## Дуги окружности

```
% \draw (a,b) arc (x:y:r); углы x и y - в градусах!  
\begin{tikzpicture}  
\draw[SteelBlue, ultra thick] (1,1) arc (20:60:2);  
\draw[SteelBlue, ultra thick] (0,0) arc (20:60:1.5);  
\draw[thick] (2,1) arc (0:-120:2);  
\end{tikzpicture}
```



## Just dummy rectangles

```
\begin{tikzpicture}  
\draw (0,0) rectangle (2,1);  
\draw[rounded corners=5pt] (3,0) rectangle (6,2);  
\fill[rounded corners=5pt, top color=red,  
      bottom color=yellow] (7,2.5) rectangle (9,-1);  
\end{tikzpicture}
```



## Другие фигуры

- diamond
- ellipse
- trapezium
- semicircle
- regular polygon
- star
- isosceles triangle
- kite
- dart
- circular sector
- cylinder
- ...

---

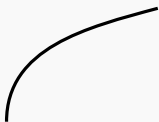
# Пакет tikz

## ▣ Кривые

---



```
\begin{tikzpicture}  
\draw[very thick] (0,0) to [out=90, in=195] (2,1.5);  
\end{tikzpicture}
```



Кривая выходит из точки  $(0,0)$  под углом  $90^\circ$   
и входит в точку  $(2,1.5)$  под углом  $195^\circ$

## Кривая с двумя локальными экстремумами

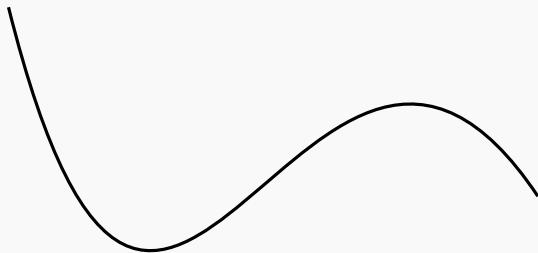
```
\begin{tikzpicture}
\draw[very thick] (-1,3) to [out=-90,in=180] (1,-0.05) to
[out=0,in=180] (3,2) to [out=0,in=170] (6,0.5);
\end{tikzpicture}
```





## Кривая с двумя локальными экстремумами

```
\begin{tikzpicture}
\clip (-1.1,3.1) rectangle (6.1,-1);
\draw[very thick] (-1,3) .. controls (1,-5) and (3,5) ..
(6,0.5);
\end{tikzpicture}
```





---

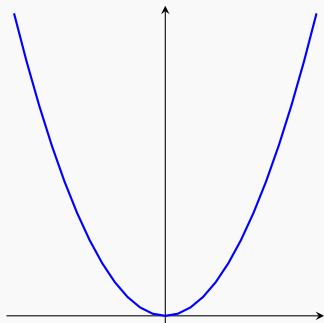
# Пакет tikz

## ▣ Графики функций

---

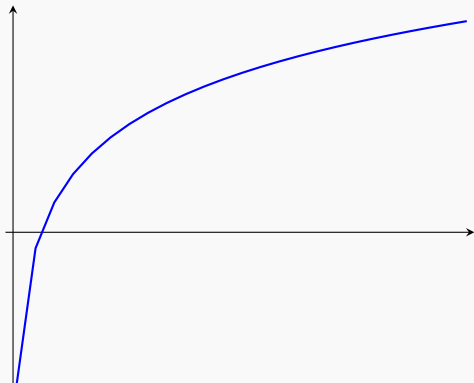
## Парабола

```
\begin{tikzpicture}[>=stealth]
\draw[->] (-2.1,0) -- (2.1,0); % Ox
\draw[->] (0,-0.1) -- (0,4.1); % Oy
\draw[thick, blue, domain=-2:2] plot (\x, {\x*\x});
\end{tikzpicture}
```



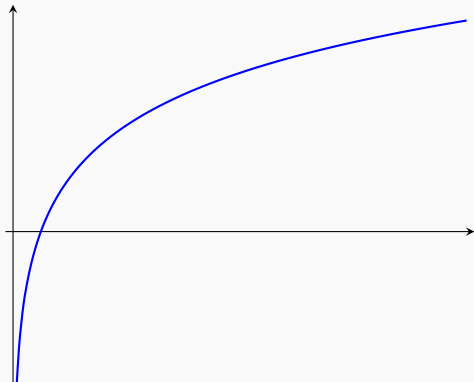
## Логарифм

```
\begin{tikzpicture}[>=stealth]
\draw[->] (-0.1,0) -- (6.1,0); % Ox
\draw[->] (0,-2) -- (0,3); % Oy
\draw[thick, blue, domain=0.05:6] plot (\x, {\ln(\x)+1});
\end{tikzpicture}
```



## Логарифм без изломов

```
\begin{tikzpicture}[>=stealth]
\draw[->] (-0.1,0) -- (6.1,0); % 0x
\draw[->] (0,-2) -- (0,3); % 0y
\draw[thick, blue, domain=0.05:6, smooth, samples=200]
  plot (\x, {\ln(\x)+1});
\end{tikzpicture}
```



# Встроенные математические функции

```
% factorial(\x), sqrt(\x), pow(\x,y), exp(\x),  
% ln(\x), log10(\x), log2(\x),  
% abs(\x), mod(\x,y) (x modulo y),  
% round(\x) (rounds x to the nearest integer),  
% floor(\x) (the largest integer smaller than x),  
% ceil(\x) (the smallest integer larger than x),  
% sin(\x) (x is in degrees)  
% if x is expressed in radians use sin(\x r)),  
% cos(\x), cos(\x r)), tan(\x), tan(\x r)),  
% min(\x,y), max(\x,y)  
% rnd  
% ...
```

---

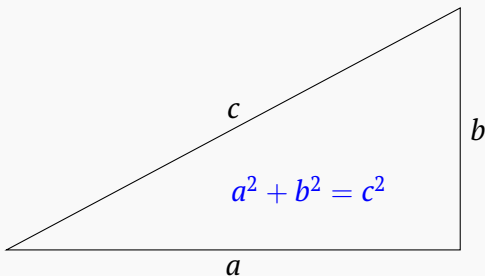
# Пакет tikz

▣ Надписи

---

## Теорема Пифагора

```
\begin{tikzpicture}[xscale=2.0, yscale=0.8]
\draw (0,0) -- node[below] {$a$} (3,0) --
      node[right] {$b$} (3,4) --
      node[above] {$c$} cycle;
\node at (2,1) {\color{blue} $a^2+b^2=c^2$};
\end{tikzpicture}
```



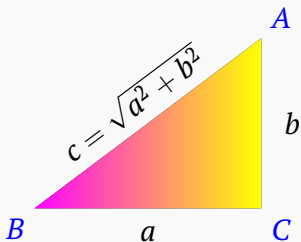


# Позиционирование надписей

- `above`, `below`, `left`, `right`
- `above left`, `above right`,  
`below left`, `below right`
- `left=5pt`, `above right=2cm`, ...
- `xshift=2pt`, `yshift=3.1mm`,  
`shift={(2pt,-2pt)}`
- `midway`, `near start`, `near end`, `sloped`

## Теорема Пифагора

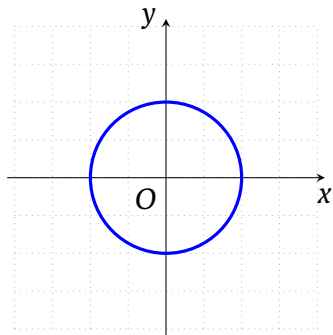
```
\begin{tikzpicture}[scale=0.75]
\fill[left color=magenta, right color=yellow]
(0,0) -- node[below=3pt] {$a$} (4,0) --
node[right=5pt] {$b$} (4,3) --
cycle node[midway,above,sloped] {$c=\sqrt{a^2+b^2}$};
\node[below left] at (0,0) {\color{blue}$B$};
\node[below right] at (4,0) {\color{blue}$C$};
\node[above right] at (4,3) {\color{blue}$A$};
\end{tikzpicture}
```



## Единичная окружность

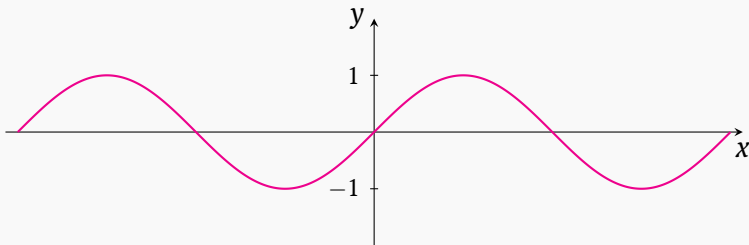
```
\begin{tikzpicture}[>=stealth]
\draw[->, thin] (-2.1,0) -- (2.1,0)
                node[below] {$x$}; % Ox
\draw[->, thin] (0,-2.1) -- (0,2.1)
                node[left] {$y$}; % Oy
% Рисуем сетку
\draw[help lines, step=0.5, dotted, Gray]
      (-2,-2) grid (2,2);
% Рисуем окружность
\draw[very thick, blue] (0,0) circle (1);
% Начало координат
\node[below left] at (0,0) {$O$};
\end{tikzpicture}
```

# Обозначение осей координат



## Синусоида

```
\begin{tikzpicture}[>=stealth, scale=0.75]
\draw[->, thin] (-6.5,0) -- (6.5,0) node[below] {$x$};
\draw[->, thin] (0,-2) -- (0,2) node[left] {$y$};
\draw[thick,magenta,smooth,samples=200,domain=-2*pi:2*pi]
  plot (\x, {sin(\x r)});
\foreach \y in {-1,1}
\draw[shift={(0,\y)}] (2pt,0pt) -- (-2pt,0pt) node[left]
  {\footnotesize $\y$};
\end{tikzpicture}
```

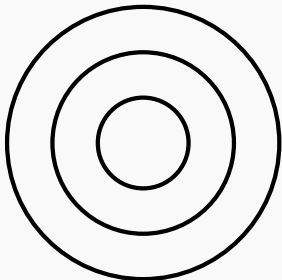


# Рисование в цикле

```
\foreach \имя in {список значений} {действия};
```

## Пример

```
\begin{tikzpicture}[scale=0.6]  
\foreach \x in {1,2,3}  
\draw[ultra thick] (0,0) circle (\x);  
\end{tikzpicture}
```



# Вложенный цикл

```
\begin{tikzpicture}[scale=0.75]
\foreach \x in {1,2,...,5}
  \foreach \y in {1,...,5}
  {
    \draw (\x,\y) +(-.5,-.5) rectangle ++(.5,.5);
    \draw (\x,\y) node{\small $\x$, $\y$};
  }
\end{tikzpicture}
```

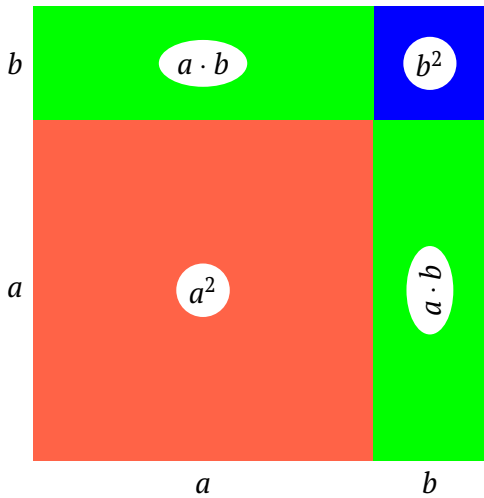
---

1, 5	2, 5	3, 5	4, 5	5, 5
1, 4	2, 4	3, 4	4, 4	5, 4
1, 3	2, 3	3, 3	4, 3	5, 3
1, 2	2, 2	3, 2	4, 2	5, 2
1, 1	2, 1	3, 1	4, 1	5, 1

## Формула квадрата суммы

```
\begin{tikzpicture}
\fill[ Tomato ] (0,0) rectangle (3,3);
\fill[ blue ] (3,3) rectangle (4,4);
\fill[ green ] (0,3) rectangle (3,4);
\fill[ green ] (3,0) rectangle (4,3);
\path (0,0) -- node[left] { $a$ } (0,3) --
      node[left] { $b$ } (0,4);
\path (0,0) -- node[below=3pt] { $a$ } (3,0) --
      node[below] { $b$ } (4,0);
\node[ circle, fill=white, inner sep=2pt ]
      at (1.5,1.5) { $a^2$ };
\node[ circle, fill=white, inner sep=2pt ]
      at (3.5,3.5) { $b^2$ };
\node[ ellipse, fill=white, inner sep=2pt ]
      at (1.5,3.5) { $a \cdot b$ };
\node[ ellipse, fill=white, inner sep=2pt, rotate=90 ]
      at (3.5,1.5) { $a \cdot b$ };
\end{tikzpicture}
```





Доказательство формулы  $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$

## Условный оператор

```
\begin{tikzpicture}[>=latex]
\node[draw,diamond,aspect=2.5] (if) at (0,0) {Условие};
\node[draw,rectangle,inner sep=5pt] (yes) at (2,-1)
  {Действие 1};
\node[draw,rectangle,inner sep=5pt] (no) at (-2,-1)
  {Действие 2};
\draw[->] (if) -| (yes);
\draw[->] (if) -| (no);
\end{tikzpicture}
```









---

**▶ Использование стороннего ПО**

---

Некоторые (свободные) графические программы позволяют автоматически генерировать `latex`-код созданного изображения

- GeoGebra <https://www.geogebra.org/> 
- Asymptote <http://asymptote.sourceforge.net/> 
- Sketch <http://sketch4latex.sourceforge.net/> 
- LaTeXDraw <http://latexdraw.sourceforge.net/> 
- ...

ShareLaTeX Blog: Generating TikZ Code from GeoGebra for LaTeX Documents and Beamer Presentations 

Пакеты `python`, `sagetex` позволяют использовать **встроенный программный код** в  $\text{\LaTeX}$ -документах, в том числе код для отрисовки изображений

Coming soon...




---

 **Полезные ссылки**

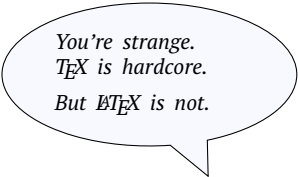
---

- 🔗 **TeXample.net, LaTeX-Cookbook.net**  
масса примеров на самую различную тематику;  
поиск по тегам
- 🔗 **TikZ/PGF**: официальное руководство с примерами
- 🔗 **pgfplots**: официальное руководство с примерами
- 🔗 **Altermundus.com**  
графы, евклидова геометрия и др.
  
- 🔗 **Хабр**: Построение графиков в LaTeX/PGFPlots
- 🔗 **Частичный перевод** официального руководства  
Тила Тантау

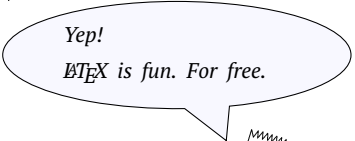




*I think  $\LaTeX$   
is not so easy.*



*You're strange.  
 $\TeX$  is hardcore.  
But  $\LaTeX$  is not.*



*Yep!  
 $\LaTeX$  is fun. For free.*

