

# $\text{\LaTeX}$ — математика

Антон Коробейников

Кафедра статистического моделирования  
Математико-механический факультет  
Санкт-Петербургский государственный университет

17 сентября 2020 г.



Два вида формул:

- Внутритекстовые (строчные)
- Выключные (выносные)

Внутритекстовые:

Let  $c$  denote  $a + b$ .

1 Let  $\$c\$$  denote  $\$a + b\$$ .

Выносные:

Let us consider the following

$$2 + 2 = 4$$

1 Let us consider the following

2  $\backslash[$

$$3 \quad 2+2=4$$

4  $\backslash]$

## Еще пример

Let  $\$f\$$  be the function  $\$f(x)=x^2\$.$

This means that  $\$f(2)=4\$$  and  $\[ f(-3)=9. \]$

Let  $f$  be the function  $f(x) = x^2$ . This means that  $f(2) = 4$  and

$$f(-3) = 9.$$

Внутритекстовые формулы — часть предложения.

Для выносных формул можно использовать окружение `displaymath` или `equation`.



# Пробелы в математическом режиме

$\text{\LaTeX}$  рассматривает несколько пробелов как один (вообще-то — как ни одного):

$$\boxed{2 + 2 = 4 \\ 2 + 2 = 4}$$

$$\begin{aligned} &_1 \$2 + 2 = 4\$ \\ &_2 \$2+2=4\$ \end{aligned}$$

Пробел после запятой — разная вещь в математическом и текстовом режиме. В большинстве случаев запятая должна быть в текстовом режиме!

$$\boxed{x = a, b, \text{ or } c, d}$$

$$_1 \$x=a\$, \$b\$, \text{ or } \$c,d\$$$

# Пакет amsmath

- Пакет `amsmath` — разработка AMS (American Mathematical Society).
- На самом деле это семейство пакетов: `amsmath`, `amsthm`, `amssymb`, `amsfonts`.
- Существенно упрощают набор сложной (и не очень) математики

Всюду далее будем предполагать, что пакет `amsmath` подключен

## Окружение equation

- Окружение `equation` — то же самое, что и `displaymath`, но по-умолчанию все формулы нумеруются.
- Если не хочется нумерации: `equation*` (полный аналог `displaymath`).
- Принцип общий: без \* формулы нумеруются, иначе — нет.

$$a^n + b^n = c^n \quad (1)$$

```
1 \begin{equation}
2   a^{n} + b^{n} = c^{n}
3 \end{equation}
```

# Арифметика

$$a + b \quad a - b$$

$$a \times b \quad a \cdot b$$

$$a/b \quad a \div b$$

Some  $\frac{5+x}{6-y}$  fractionals

Some  $\frac{5+x}{6-y}$  fractionals

Some  $\frac{5+x}{6-y}$  fractionals

1  $a + b$   $a - b$  \\  
2  $a \times b$   $a \cdot b$  \\  
3  $a / b$   $a \div b$

1 Some  $\frac{5+x}{6-y}$

2 fractionals

3

4 Some  $\frac{5+x}{6-y}$

5 fractionals

6

7 Some  $\frac{5+x}{6-y}$

8 fractionals

- Надстрочные:

$$x^2 \ x^{x^{10}}$$

`\$x^2\$ \$x^{x^{10}}\$`

- Подстрочные:

$$x_2 \ x_{x^{10}}$$

`\$x_2\$ \$x_{x^{10}}\$`

- Все вместе:

$$x_2^3 \ x_{x^{10}}^{12}$$

`\$x^3_2\$ \$x_{x^{10}}^{12}\$`

Индексы, состоящие из двух и более символов, следует заключать в { }

# Точки, многоточия, корни

1, 2, 3, ...

`\dots`

1 + 2 + ⋯ + 146

`\dots+146`

$\sqrt{100500}$

`\sqrt{100500}`

$\sqrt[146]{3.14}$

`\sqrt[146]{3.14}`

# Символы I

- Греческие буквы

$\alpha, \beta, \zeta, \xi$

$1 \$\backslash alpha \$, \$\backslash beta \$,$   
 $2 \$\backslash zeta \$, \$\backslash xi \$$

- Еще буквы

$\kappa, \epsilon, \phi$

$1 \$\backslash kappa \$, \$\backslash epsilon \$, \$\backslash phi \$$

- Русские греческие буквы

$\varkappa, \varepsilon, \varphi$

$1 \$\backslash varkappa \$,$   
 $2 \$\backslash varepsilon \$,$   
 $3 \$\backslash varphi \$$

- Заглавные греческие буквы

$\Delta, \Theta, \Gamma, \Pi$

$1 \$\backslash Delta \$, \$\backslash Theta \$,$   
 $2 \$\backslash Gamma \$, \$\backslash Pi \$$

# Символы II

- Крышки, шляпки и домики

 $\hat{a}\bar{a}\vec{a}\dot{a}$ 

1  $\hat{a}$   
2  $\bar{a}$   
 $\vec{a}$   
 $\dot{a}$

- Больше, меньше

 $= < > \leq \geq \ll \gg$ 

1  $= < >$   
2  $\leqslant \geqslant$

- Не!

 $\neq \not< \not> \not\leq \not\geq$ 

1  $\neq$   
2  $\not= \not< \not> \not\leq \not\geq$

- Еще символы

 $\infty \emptyset$ 

1  $\infty \emptyset$

# Разделители

```
(()[]{}||{})
```

```
1 \$ ( ) [ ] \langle \rangle  
2 \| \{ \} $
```

- Красиво ли выглядит?

$$\left[ \frac{\sqrt{(a+b)^2)/c}}{d+e} \right]^{1/3}$$

- Или лучше так?

$$\left[ \frac{\sqrt{(a+b)^2) / c}}{d+e} \right]^{1/3}$$



# Разделители

$\text{\LaTeX}$  может сам вычислить уровень скобки и рассчитать ее высоту!

```
\begin{equation*}
    \left[ \frac{\sqrt{\left( a + b \right)^2} / c}{d + e} \right]^{1/3}
\end{equation*}
```

$$\left[ \frac{\sqrt{\left( a + b \right)^2} / c}{d + e} \right]^{1/3}$$

Разделители всегда идут парой: левый и правый



Иногда  $\text{\LaTeX}$  можно обмануть:

$$\left[ \frac{1}{5} \right]$$

```
\left[ \frac{1}{5} \right]
```

Или указать размер скобки самостоятельно:

$$\left( \left( \left( \left($$

```
\big( \Big( \bigg( \Bigg(
```

# Операторы

Оператор — нечто типа названия функции в математическом режиме.

Сравним:

$\sin x \sin x \sin x$

$\sin x \sin x \sin x$

Еще бывают операторы с пределами. Например  $\lim$ :

$\lim_{x \rightarrow 1} f(x)$

$\lim_{x \rightarrow 1} f(x)$

$\lim_{x \rightarrow 1} f(x)$

$\lim_{x \rightarrow 1} f(x)$

# Стандартные операторы

Без пределов:

sin	cos	tan	cot
arcsin	arccos	arctan	exp
dim	deg	log	...

С пределами:

min	max	lim
inf	sup	det

# Высокие операторы

Некоторые операторы меняют свой размер в зависимости от положения в тексте.

Например:

Mean:  $\$ \backslash bar{X} = \backslash frac{1}{n} \backslash sum_{i=1}^n X_i \$$

$$\text{Mean: } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Mean:  $\backslash [ \backslash bar{X} = \backslash frac{1}{n} \backslash sum_{i=1}^n X_i \backslash ]$

Mean:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$



# Высокие операторы II

Еще операторы:

$$\text{\textbackslash}[L(\theta) = \text{\textbackslash}prod_{i=1}^n\{p_\theta(X_i)\}]$$

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n p_\theta(X_i)$$

$$\text{\textbackslash}[F(x) = \text{\textbackslash}int_{-\infty}^x\{p(y)\},dy]$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x p(y) dy$$

# Дополнительные операторы

Иногда стандартных операторов мало...

В преамбуле:

```
\DeclareMathOperator{\argmax}{argmax}  
\DeclareMathOperator*{\argmaxt}{argmax}
```

После этого:

```
\[ \hat{\theta}_n = \operatorname{argmax}_{\theta \in \Theta} l(\theta) \]  
\[ \hat{\theta}_n = \operatorname{argmaxt}_{\theta \in \Theta} l(\theta) \]
```

$$\hat{\theta}_n = \operatorname{argmax}_{\theta \in \Theta} l(\theta)$$

$$\hat{\theta}_n = \operatorname{argmax}_{\theta \in \Theta} l(\theta)$$

# Многострочные формулы: align

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (2)$$

$$a + b = c + 2 \quad (3)$$

```
1 \begin{align}
2 a^2 + b^2 &= c^2 \\
3 a + b &= c + 2
4 \end{align}
```

$\&$  задает точки выравнивания, а  $\backslash\backslash$  — переносы строк.

Как и раньше align\* подавляет формирование номеров

## Многострочные формулы: alignat

Окружение `alignat` позволяет формировать формулы в несколько столбцов и контролировать интервал между столбцами.

```
\begin{alignat}{2}
f(x) &= x^2 & g(x) &= 2x - 1 \\
f(2) &= 4 & g(2) &= 3
\end{alignat}
```

$$f(x) = x^2 \quad g(x) = 2x - 1 \tag{4}$$

$$f(2) = 4 \quad g(2) = 3 \tag{5}$$

Обязательный аргумент — количество столбцов.

Четные & — разделители столбцов, нечетные & — точки выравнивания.

## Многострочные формулы: `multline`

Окружение `multline` прижимает первую строку влево, последнюю право, остальные центрирует (если в `\documentclass` включена опция `fleqn`, то средние строки тоже прижимаются влево)

$$\begin{aligned} S_n &= a_1 + \cdots + a_n = \\ &= (a_1 + a_n) + \cdots = \\ &= (a_1 + a_n) n / 2 \end{aligned}$$

```
1 \begin{multiline*}\\
2 S_n = a_1+\dots+a_n = \\
3 = (a_1+a_n) + \dots = \\
4 = (a_1+a_n)\backslash,n/2\\
5 \end{multiline*}
```

# Многострочные формулы: split

Разбиение длинной формулы с выравниванием частей:

$$\begin{aligned} S_n &= a_1 + \cdots + a_n = \\ &= (a_1 + a_n) + \cdots = \\ &= (a_1 + a_n) n/2 \end{aligned}$$

```
1 \begin{equation*}
2 \begin{split}
3 S_n &= a_1+\dots+a_n = \\
4 &= (a_1+a_n) + \dots = \\
5 &= (a_1+a_n)\backslash,n/2
6 \end{split}
7 \end{equation*}
```

Команда `\intertext` выводит строку текста между строками формул, не нарушая выравнивания:

```
\begin{align*}
A+B &= B+A; & \qquad A+0 &= A; \\
\intertext{note that}
AB &= BA & \qquad A\cdot 1 &= A;
\end{align*}
```

$$A + B = B + A;$$

$$A + 0 = A;$$

note that

$$AB = BA$$

$$A \cdot 1 = A;$$

# Матрицы

$$\begin{matrix} a - 2 & b & x + y - z \\ 4 & e + f & 0 \end{matrix}$$

```
1 \[
2 \begin{matrix}
3 a-2 & b & x+y-z \\
4 4 & e+f & 0
5 \end{matrix}
6 ]
```

По умолчанию элементы всех столбцов центрированы. По краям формулы нет никаких разделителей (скобок).

# Еще Матрицы

Скобки можно добавить руками:

$$\begin{pmatrix} a & b+c \\ d-e & 2 \end{pmatrix}$$

```
1 \[
2 \left(
3 \begin{matrix}
4 a & b+c \\
5 d-e & 2
6 \end{matrix}
7 \right)
8 \]
```

И они даже будут правильной величины!

# Разные Матрицы

А можно воспользоваться готовым:

$$\begin{bmatrix} a & b + c \\ d - e & 2 \end{bmatrix} \quad \text{bmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a & b + c \\ d - e & 2 \end{pmatrix} \quad \text{pmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} a & b + c \\ d - e & 2 \end{vmatrix} \quad \text{vmatrix}$$

$$\begin{Vmatrix} a & b + c \\ d - e & 2 \end{Vmatrix} \quad \text{Vmatrix}$$

$$\left\{ \begin{array}{cc} a & b + c \\ d - e & 2 \end{array} \right\} \quad \text{Bmatrix}$$

# Массивы

Больше чем матрица. Больше контроля над содержимым:

$a + b$	$d$
$e$	$f + 2$

```
1 \\
2 \begin{array}{||r|} \hline
3 a+b & d \\ \hline
4 e & f+2 \\ \hline
5 \end{array}
6 ]
```

# Скобки и случаи

Для набора альтернатив стоит использовать окружение cases:

$$|x| = \begin{cases} -x, & x < 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases}$$

```
1 \\[  
2 |x| =  
3 \\begin{cases}  
4 -x, & x < 0 \\\\  
5 x, & x \\geq 0  
6 \\end{cases}  
7 \\]
```

На самом деле это такая специальная матрица!

# Снова о шрифтах

В математическом режиме используется 4 размера шрифта:

- ① `\displaystyle` для выносных формул
- ② `\textstyle` для внутритекстовых формул
- ③ `\scriptstyle` для индексов
- ④ `\scriptscriptstyle` для подиндексов

С помощью этих команд можно увеличить размер шрифта для формул внутри абзаца, или заставить индексы выглядеть как базовые символы.

# Шрифты

$$\frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}}}$$

```
1 \begin{equation*}
2 \frac{1}{1 +
3 \frac{1}{1 +
4 \frac{1}{1 +
5 \frac{1}{2}}}}
6 \end{equation*}
```

vs

$$\frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}}}$$

```
1 \begin{equation*}
2 \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}}}
3 \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}}}
4 \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}}}
5 \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}}
6 \end{equation*}
```

# Снова о шрифтах

*italic* +  $2^{3\alpha} + \phi$

roman +  $2^{3\alpha} + \phi$

**bold** +  $2^{3\alpha} + \phi$

**bold** +  $2^{3\alpha}$

sans serif +  $2^{3\alpha}$

typewriter +  $2^{3\alpha}$

*UPPERCASE ONLY*

АВСДЕЃЃЂЈЈ abcdefghij

ℝ, ℝ, ℝ, …

ℝ, ℝ, ℝ, …

АВСДЕЃЃЂЈЈ

- 1  $\$\\mathit{italic} + 2^{3\\alpha} + \\phi\$$
- 2  $\$\\mathrm{roman} + 2^{3\\alpha} + \\phi\$$
- 3  $\$\\mathbf{bold} + 2^{3\\alpha} + \\phi\$$
- 4  $\$\\mathbf{bold} + 2^{3\\alpha}\\\$$
- 5  $\$\\mathsf{sans\\ serif} + 2^{3\\alpha}\\\$$
- 6  $\$\\mathtt{typewriter} + 2^{3\\alpha}\\\$$
- 7  $\$\\mathcal{UPPERCASE\\ ONLY}\\\$$
- 8  $\$\\mathfrak{ABCDEFGHIJ}\\\$$
- 9  $\$\\mathfrak{abcdefgij}\\\$$
- 10  $\$\\mathbb{R,N,Q,\\ldots}\\\$$
- 11  $\$\\mathds{R,N,Q,\\ldots}\\\$$
- 12  $\$\\mathscr{ABCDEFGHI}\\\$$

Необходимо окружение `dsfont` для `mathds`

Необходимо окружение `mathrsfs` для `mathscr`

## Набор формул над и под строками

$$\$ \backslash underbrace{x_1 + x_2}_{7} + \cdots + \\ \backslash overbrace{x_{n-1} + x_n}^7 \$$$
$$\$ \underline{x_1 + x_2} + \cdots + \overline{x_{n-1} + x_n} \$$$

$$\frac{\underbrace{x_1 + x_2}_{7} + \cdots + \overbrace{x_{n-1} + x_n}^7}{x_1 + x_2 + \cdots + \overline{x_{n-1} + x_n}}$$

$$\$ \stackrel{a}{\vec{x}} \stackrel{\text{def}}{=} (x_1, \dots, x_n) \$$$

# Примеры

$$\mathcal{F}(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-2\pi ix\xi}dx, \quad \forall \xi \in \mathbb{R}$$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}, \quad -\infty < x < \infty$$

## Новые команды

Иногда хочется ввести новые команды для набора повторяющихся элементов.

Для этого можно использовать `\newcommand` в преамбуле:

```
\newcommand{\R}{\mathbb{R}}
```

Let  $y$  be a  $\mathbb{R}^n$  vector and  $X$  be a  $\mathbb{R}^{n \times m}$  matrix.

Let  $y$  be a  $\mathbb{R}^n$  vector and  $X$  be a  $\mathbb{R}^{n \times m}$  matrix.

Стандартная проблема с выбором режима:

`\newcommand{\R}{\mathds{R}}` или

`\newcommand{\R}{$\mathds{R}$}` ?

Решение: `\ensuremath`. В преамбуле:

```
\newcommand{\R}{\ensuremath{\mathds{R}}}
```

Аргумент `\ensuremath` всегда набирается в математическом режиме, не зависимо от текущего.

Let  $y$  be a  $\mathbb{R}^n$  vector and  $X$  be a  $\mathbb{R}^{n \times m}$  matrix and  $\mathbb{R}$  in text mode.

Let  $y$  be a  $\mathbb{R}^n$  vector and  $X$  be a  $\mathbb{R}^{n \times m}$  matrix and  $\mathbb{R}$  in text mode.

# Не совсем новые команды

Команды можно еще и переопределять:

```
\renewcommand{\kappa}{\varkappa}
\renewcommand{\epsilon}{\varepsilon}
\renewcommand{\phi}{\varphi}
\renewcommand{\leq}{\leqslant}
\renewcommand{\geq}{\geqslant}
```

# Теоремы

Можно создавать свои собственные окружения-теоремы. В преамбуле:

```
\newtheorem{theorem}{Теорема}
```

После этого можно использовать нововведенное окружение `theorem`:

```
\begin{theorem}
```

Гомоморфный образ группы изоморfen фактор-группе  
по ядру гомоморфизма  
`\end{theorem}`

## Теорема

*Гомоморфный образ группы изоморfen фактор-группе по ядру  
гомоморфизма*

# Теоремы

Теоремам можно давать имена:

```
\begin{theorem}[О гомоморфизме]
```

Гомоморфный образ группы изоморfen фактор-группе  
по ядру гомоморфизма

```
\end{theorem}
```

Теорема (О гомоморфизме)

*Гомоморфный образ группы изоморfen фактор-группе по ядру  
гомоморфизма*

# И доказательства!

```
\begin{proof}
```

Здесь доказательство из конспекта по алгебре.

```
\end{proof}
```

Доказательство.

Здесь доказательство из конспекта по алгебре.



# Символы

Списки символов:

[http://www.artofproblemsolving.com/LaTeX/AoPS\\_L\\_GuideSym.php](http://www.artofproblemsolving.com/LaTeX/AoPS_L_GuideSym.php)

<http://www.ctan.org/tex-archive/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf>

# Символы

И не только... <http://detexify.kirelabs.org/classify.html>

The screenshot shows a web browser window with the title "Detexify<sup>2</sup> - LaTeX symbol classifier". The main feature is a large square input area where a handwritten Greek letter "Sigma" is drawn. A handwritten note "Draw here!" with an arrow points to the input area. Below the input area are three buttons: "classify", "symbols", and "blog". To the right of the input area, there is a "DONATE" button with a progress bar showing "\$1,441.85 Raised!". A note says "Hosting Detexify costs money and if it helps you may consider helping to pay the hosting bill." Below the input area, the text "Did this help?" is displayed.

**What is this?**  
Anyone who works with LaTeX knows how time-consuming it can be to find a symbol in [symbols-a4.pdf](#) that you just can't memorize. Detexify is an attempt to simplify this search.

**How do I use it?**  
Just draw the symbol you are looking for into the square area above and look what happens!

**My symbol isn't found!**  
The symbol may not be trained enough or it is not yet in the list of supported symbols. In the first case you can do the training yourself. In the second case just drop me a line ([danshikin@gmail.com](mailto:danshikin@gmail.com)) if I don't really find the time to actively maintain this version of Detexify but I am working on a version that is much easier to maintain and has other benefits.)

**Draw here!**

Did this help?

**Σ** Score: 0.0845933873981838  
\Sigma  
mathmode

**⊍** Score: 0.103385721734113  
\subseteq  
mathrel

**⅀** Score: 0.111008098073631  
\sum  
mathmode

**϶** Score: 0.114798690567636  
\varepsilon  
mathrel

**϶** Score: 0.143984951257041  
\textepsilon  
mathmode

The symbol is not in the list? [Select from the complete list!](#)

up ↑