

2. Математика \LaTeX

Автоматизация процессов разработки научно-технической документации

Сотников А.А., Розанов И.А.

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана

2020 г.

Математический режим в \LaTeX

Для набора любой «математики» (математических формул и специальных символов) существует математический режим. Основные особенности этого режима:

1. Практически **все пробелы и переносы строк игнорируются**, поскольку промежутки устанавливаются согласно логике построения математического выражения; дополнительные промежутки устанавливаются с помощью специальных команд;
2. Пустые строки запрещены; каждая формула может содержать только один абзац;
3. Каждая буква рассматривается как имя переменной и соответствующим отображением; вектора и математические операторы записываются с помощью специальных команд; для включения текста (с прямым шрифтом, пробелами и расстановкой промежутков между словами) в формуле нужно использовать команды переводящие обработку документа внутри команды в текстовый режим, например `\text{}` .

Включные и выключные формулы

Включная (inline) формула:

1 Текст абзаца $2 + 2 = 4$ \$. Продолжение абзаца.

Текст абзаца $2 + 2 = 4$. Продолжение абзаца.

Выключная формула:

1 Текст абзаца $\left[2+2=4. \right]$ Продолжение абзаца.

Текст абзаца

$$2 + 2 = 4.$$

Продолжение абзаца.

Включные и выключные формулы (2)

Включная (inline) формула:

1 Текст абзаца $(2 + 2 = 4)$. Текст абзаца.

Текст абзаца $2 + 2 = 4$. Продолжение абзаца.

Выключная формула (не все компиляторы поддерживают):

1 Текст абзаца
$$2+2=4.$$
 Продолжение абзаца.

Текст абзаца

$$2 + 2 = 4.$$

Продолжение абзаца.

Дополнительные пакеты (mathtext)

```
1 \usepackage{mathtext} % русские буквы в формулах
```

```
1 \[ a = b при n > 0 \]
```

$$a = b \text{ при } n > 0$$

```
1 \[ a = b \sim \text{при} \sim n > 0 \]
```

$$a = b \sim \text{при} \sim n > 0$$

```
1 \[ a = b \text{\texttt{\text{при}}} n > 0 \]
```

$$a = b \text{\texttt{\text{при}}} n > 0$$

```
1 \[ a = b \sim \text{\texttt{\text{при}}} \sim n > 0 \]
```

$$a = b \sim \text{\texttt{\text{при}}} \sim n > 0$$

Дополнительные пакеты (icomma)

```
1 \usepackage{icomma} % Умная запятая
```

Без «умной» запятой:

```
1 $a, b ~~ a,b ~~ a ,b ~~ a , b$
```

$a,b \quad a,b \quad a,b \quad a,b$

С «умной» запятой:

```
1 $a, b ~~ a,b ~~ a ,b ~~ a , b$
```

$a, b \quad a, b \quad a, b \quad a, b$

«Умная» запятая устанавливает пробел после запятой, который должен быть пропущен по умолчанию в математическом режиме.

Дополнительные пакеты (AMS)

```
1 \usepackage{amsmath,amsfonts,amssymb,amsthm,mathtools} % AMS
```

AMS-LaTeX — набор макросширений для LaTeX, разработанный Американским математическим обществом.

Набор предоставляет дополнительные математические символы, множество удобных возможностей для оформления математических формул (например, упрощённую работу с многострочными формулами) и используется почти во всех L^AT_EX-документах, в которых есть сколько-нибудь сложные формулы. Пакеты включают в себя:

- ▶ Стилевой пакет `amsfonts` (поддержка ажурного и готического шрифтов — например, для записи символа \mathbb{R}).
- ▶ Стилевой пакет `amsmath` (удобная вёрстка многострочных формул, масштабирующийся текст в формулах, формулы в рамках и др.).
- ▶ Стилевой пакет `amssymb` (`amsfonts` + несколько сотен дополнительных математических символов).
- ▶ Стилевой пакет `amsthm` (окружения «теорема», «лемма» и т. п.).

Выражения

Классически, в технических статьях и документах используются нумерованные выносные формулы. Для этого используется окружение `equation`, которое автоматически включает математический режим, создаёт отступы перед и после формулы.

```
1 \begin{equation}\label{eq:emc}
2   E=mc^2
3 \end{equation}
4 Формула \eqref{eq:emc} на стр. \pageref{eq:
   emc} показывает эквивалентность массы и э
   нергии.
```

$$E = mc^2 \quad (1)$$

Формула (1) на стр. 8 показывает эквивалентность массы и энергии.

В любых нумерованных объектах можно использовать `\label{Имя_метки}` для последующего обращения по этому имени. Целесообразно создавать имена с префиксами для различных объектов (рисунки, формулы, таблицы), в данном случае "eq:".

Метки выражений

Если необходимо пометить некоторое выражение особым символом, можно воспользоваться `\tag{символ}`.

```
1 \begin{equation}\label{twotimes}\tag{S}
2   2+2=4
3 \end{equation}
4 Формула \eqref{twotimes}
5
6 Формула \ref{twotimes}
7
8 Страница \pageref{twotimes}
```

$$2 + 2 = 4 \quad (S)$$

Формула (S)

Формула S

Страница 9

Обращение к выражению с меткой `\label{Имя_метки}` происходит через команды `\eqref{Имя_метки}` — выдаёт полностью метку, `\ref{Имя_метки}` — выдаёт только значение, `\pageref{Имя_метки}` — страница, на которой расположено выражение.

Ненумерованные формулы и нумерация по ГОСТу

Ненумерованную формулу можно задать при помощи окружения `equation*`:

```
1 \begin{equation*}
2   S = v_0t + \frac{at^2}{2}
3 \end{equation*}
```

$$S = v_0t + \frac{at^2}{2}$$

Согласно ГОСТу необходимо нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки. Включить такую опцию можно в преамбуле командой

```
1 \mathtoolsset{showonlyrefs=true} % искать \eqref{} для формул
```

```
1 \begin{equation} \label{test1} 2+2=4
2 \end{equation}
3 \begin{equation} \label{test2} 2+2=4
4 \end{equation}
5 Здесь ссылаемся на формулу \eqref{test2}.
```

$$2 + 2 = 4$$

$$2 + 2 = 4 \quad (2)$$

Здесь мы ссылаемся на формулу (2).

Верхние и нижние индексы

Для обозначения верхнего индекса используется \wedge , для нижнего — $_$. Данная команда воспринимает лишь следующий символ за оператором. В случае вынесения нескольких символов, требуется брать выражение в скобки $\{ \}$.

```
1 $ e^iN \neq e^{\{i\}N}. $ \par
2 $ t_2^1 \sim t_{2N}^{\{70\}}.$
```

$$e^i N \neq e^{iN}.$$
$$t_2^1 \sim t_{2N}^{70}.$$

Дроби

Для дробей можно использовать команды $\frac{\text{числитель}}{\text{знаменатель}}$ (компактная дробь) и $\dfrac{\text{числитель}}{\text{знаменатель}}$ (большая дробь).

1 $\backslash\frac{1+\frac{4}{2}}{6} = 0,5\backslash$

2

3 $\backslash\frac{1+\dfrac{4}{2}}{6} = 0,5\backslash$

$$\frac{1 + \frac{4}{2}}{6} = 0,5$$

$$\frac{1 + \dfrac{4}{2}}{6} = 0,5$$

Скобки

Часто выражение необходимо взять в большие скобки. Для этого используются команды `\left<скобка>` и `\right<скобка>`, например `\left{`.

Любое выражение `\left<скобка>` должно быть закончено выражением `\right<скобка>`. Если закрывать скобку нет необходимости, можно использовать фиктивную скобку `\right.` и `\left.` соответственно.

```
1 \[ \left(2+\frac{9}{3}\right) \times 5 = 25 \]
```

```
2
```

```
3 \[ [2+3], ~(2,3) \] % квадратные и круглые с
```

```
4 кобки не экранируются.
```

```
5 \[ \{2+3\} \] % фигурные скобки экраниру
```

```
6 ются.
```

$$\left(2 + \frac{9}{3}\right) \times 5 = 25$$

$$[2 + 3], (2,3)$$

$$\{2 + 3\}$$

Стандартные функции

В математическом обществе принято, что функции не выделяются курсивом, переменные — выделяются.

По умолчанию **буквы в математическом режиме** — это переменные. Следует использовать встроенные функции либо `\text{ }`.

```
1  $\sin x = 0$ ,  $\cos x = 1$ ,  $\ln x = 5$   
2  
3  $\operatorname{sgn} x = 1$   
4  
5  $\text{\text{sin}} x = 0$ ,  $\sin(x) = 0$  % сравните
```

$\sin x = 0$, $\cos x = 1$, $\ln x = 5$

$\operatorname{sgn} x = 1$

$\sin x = 0$, $\sin(x) = 0$

Определение собственных математических функций:

```
1 \DeclareMathOperator{\sgn}{\mathop{\operatorname{sgn}}}
```

Символы

Существует масса пакетов, содержащие символы на все случаи жизни.

1 `$2\times 2 \neq 5 $`

$$2 \times 2 \neq 5$$

2

3 `$\Rrightarrow \rightarrow \geq \leq$`

$$\Rightarrow \rightarrow \geq \leq$$

4

5 `$A \cap B$, $A \cup B$`

$$A \cap B, A \cup B$$

Например, приведенный выше пакет *amssymb* добавляет символы «больше или равно», принятые в России.

1 `$2\geqslant 1$,`

$$2 \geqslant 1,$$

2

3 `$1\leqslant 2$`

$$1 \leqslant 2$$

Символы (2)

Ажурный шрифт (англ. Blackboard bold, Double-struck) часто используется для обозначения множеств чисел.

Готический шрифт также присутствует в пакетах AMS.

```
1  $\mathbb{R}, \mathbb{Z}, \mathbb{C}, \mathbb{H}$   
2  $\mathfrak{R}, \mathfrak{Z}, \mathfrak{C}, \mathfrak{H}$   
3  $\frac{\mathbb{R}}{\mathbb{Z}}, \frac{\mathbb{Z}}{\mathbb{C}}, \frac{\mathbb{C}}{\mathbb{H}}$ 
```

$\mathbb{R}, \mathbb{Z}, \mathbb{C}, \mathbb{H}$
 $\mathfrak{R}, \mathfrak{Z}, \mathfrak{C}, \mathfrak{H}$

Диакритические знаки

Диакритические знаки — это лингвистические знаки, которые добавляются к букве с целью обозначить изменение ее произношения или указать на какую-либо особую роль звука в данном слове. Они ставятся над буквой или ниже или пересекают её.

```
1 \[ \bar{x}_{\text{init}}, ~~ \% только 1 черто  
   чка  
2 \tilde{\text{longequation}} \]  
3 \[ \overline{4567}, ~~  
4 \widetilde{4567} \]
```

\bar{x}_{init} , $\tilde{\text{longequation}}$

$\overline{4567}$, $\widetilde{4567}$

Буквы других алфавитов

Для греческих букв, как и для большинства функций, определены команды через `\`. Для верхнего регистра нужно писать команду с большой буквы, кроме `\Alpha`, так как она соответствует букве A.

```
1 \tg \Phi = 1  
2  
3 \epsilon$, \phi$
```

$\operatorname{tg} \Phi = 1$
 ϵ, ϕ

Для использования «красивых» букв можно использовать пакеты

```
1 \usepackage{euscript} % Шрифт Евклид  
2 \usepackage{mathrsfs} % Красивый матшрифт
```

```
1 \varepsilon$, \varphi$
```

ε, φ

Формулы в несколько строк

В типографии принято многострочные формулы выравнивать по следующему принципу: первая строка выравнивается по левому краю, последняя — по правому. Все остальные строки выравниваются по центру. Можно использовать окружение `multline`.

```
1 \begin{multline}
2   1+ 2+3+4+5+6+7+\dots + \\
3   + 50+51+52+53+54+55+56+57 + \dots + \\
4   \\
5   + 96+97+98+99+100=5050 \tag{S} \label{
6   eq:sum}
   \end{multline}
   %
```

$$\begin{aligned} 1 + 2 + 3 + 5 + 6 + 7 + \dots + \\ + 50 + 51 + 56 + 57 + \dots + \\ + 96 + 97 + 99 + 100 = 5050 \end{aligned}$$

Умный перенос

В случае, когда формула в строке переносится на новую строку, необходимо дублировать оператор. Львовский определяет команду `\hm{}` в преамбуле, которая дублирует оператор.

```
1 \newcommand*{\hm}[1]{#1\nobreak\discretionary{}
2 {\hbox{$\mathsurround=0pt #1$}}{}} % Перенос знаков в формулах (по Львовскому)
```

```
1 Текст текст текст  $1+2+3+4+5+6=21$ 
2
3 Текст текст текст  $1+2+3+4+5\hm{+}6=21$ 
 $$ 
```

Текст текст текст $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21$

Текст текст текст $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21$

Несколько формул

Выравнивание нескольких формул осуществляется при помощи `&` в командах *align* (задаёт мат. режим) и *aligned* (внутри мат. режима).

При этом нечётные `&` отвечают за выравнивание (в данном примере по знаку равенства), а чётные — за следующий столбец; `\\` — следующая строка.

```
1 \begin{align*}
2   2\times 2 = 4& \& 6\times 8 \&= 48 \\
3   3\times 3 = 9& \& a+b \&= c \\
4   10 \times 65464 = 654640& \& 3/2\&=1,5 \\
5 \end{align*}
6
7 \begin{equation}
8   \begin{aligned}
9     2\times 2 \&= 4 \& 6\times 8 \&= 48 \\
10    3\times 3 \&= 9 \& a+b \&= c \\
11    10 \times 65464 \&= 654640 \& 3/2\&=1,5 \\
12   \end{aligned}
13 \end{equation}
```

$$\begin{array}{rcl} 2 \times 2 = 4 & 6 \times 8 = 48 \\ 3 \times 3 = 9 & a + b = c \\ 10 \times 65464 = 654640 & 3/2 = 1,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 2 \times 2 = 4 & 6 \times 8 = 48 \\ 3 \times 3 = 9 & a + b = c \\ 10 \times 65464 = 654640 & 3/2 = 1,5 \end{array}$$

Системы уравнений

Можно также использовать окружение *aligned* с большой скобкой $\left\{$, можно использовать *cases*. Для вертикального выравнивания также используется $\&$.

```
1 \[
2   \left\{ % большая скобка
3     \begin{aligned} % & по "="
4       2\times x \&= 4 \\
5       3\times y \&= 9\\
6       10 \times 65464 \&= z\\
7     \end{aligned}
8   \right. % фиктивное закрытие
9 \]
10 \[
11 |x|=\begin{cases} % & по "если"
12   x, \&\text{если } x \geqslant 0 \\
13   -x, \&\text{если } x<0
14 \end{cases}
15 \]
```

$$\begin{cases} 2 \times x = 4 \\ 3 \times y = 9 \\ 10 \times 65464 = z \end{cases}$$

$$|x| = \begin{cases} x, & \text{если } x \geqslant 0 \\ -x, & \text{если } x < 0 \end{cases}$$

Матрицы

В матрицах все & отвечают за следующий столбец. Различные команды отвечают лишь за разные скобки у матрицы.






```
1 \[ \begin{pmatrix}
2   a_{11} & a_{12} & a_{13} \\
3   a_{21} & a_{22} & a_{23} \\
4 \end{pmatrix} \]
5
6 \[ \begin{vmatrix}
7   a_{11} & a_{12} & a_{13} \\
8   a_{21} & a_{22} & a_{23} \\
9 \end{vmatrix} \]
10
11 \[ \begin{bmatrix}
12   a_{11} & a_{12} & a_{13} \\
13   a_{21} & a_{22} & a_{23} \\
14 \end{bmatrix} \]
```

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{vmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{bmatrix}$$

Ссылки I

-  Scott Pakin. «The Comprehensive LaTeX Symbol List». en. B: (). ZSCC: 0000000, с. 338.
-  Классификация ошибок в *LaTeX*. URL: https://www.cs.utexas.edu/users/witchel/projects/clarify_errorclasses.html (дата обр. 26.03.2020).
-  Сергей Львовский. *Набор и верстка в системе LATEX*. ru. ZSCC: 0000000 Google-Books-ID: Y2YPCwAAQBAJ. Litres, сент. 2017. ISBN: 978-5-457-93138-1.
-  Распознавание символов, нарисованных курсором. URL: <http://detexify.kirelabs.org/classify.html> (дата обр. 26.03.2020).
-  Шпаргалка по *LaTeX*. URL: <http://wch.github.io/latexsheet/latexsheet.pdf>.