

Základy systému L^AT_EX

Jan Eliáš, Josef Květoň, Václav Sadílek

23. Dubna 2020

Obsah

3	Sazba matematických výrazů a rovnic	2
3.1	Základní matematická prostředí	2
3.2	Základní prvky v matematické sazbě	5
3.3	Závorky a svorky	7
3.4	Matice a vektory	9
3.5	Další symboly	10
3.6	Desetinná tečka vs. čárka	10
3.7	Samostatná práce	11

3 Sazba matematických výrazů a rovnic

3.1 Základní matematická prostředí

Výrazy v textu a rovnice

Matematické výrazy, které se objevují uvnitř běžného textu (*inline*), sázíme nejčastěji pomocí dolarů \$ \dots \$. Tedy například výraz $a + b = c$ vysázíme takto $\$a+b=c\$$. Oproti tomu rovnice sázíme pomocí prostředí `equation`. Tedy následující sekvence příkazů vysází číslovanou rovnici

```
\begin{equation}
  a+b=c
\end{equation}
```

$$a + b = c \tag{1}$$

Tyto dva způsoby mají rozdílné nastavení velikostí některých znaků. Například zlomek, který se sází příkazem `\frac{a}{b}` se v *inline* sazbě vysází malý ($c = \frac{a}{b}$), zatímco v rovnici se vysází velký

$$c = \frac{a}{b} \tag{2}$$

Pokud bychom chtěli sázet v *inline* sazbě stejně velké fonty jako v rovnicích, musíme vložit před příkaz `\displaystyle`,

tedy `\$c=\displaystyle\frac{a}{b}\$` se vysází takto: $c = \frac{a}{b}$.

Několik rovnic pod sebou, číslování

Pro sazbu matematiky se často používá balíček `amsmath`, který je ale dnes už standardně součástí `LATEX` distribuce. Mimo mnoho dalších rozšíření obsahuje definici prostředí `align`, které slouží k sazbě více rovnic.

Prostředí `align` umožňuje sazbu několika rovnic pod sebou. Oddělovačem rovnic je dvojité zpětné lomítko `\\`. Následující příkazy vysází tři číslované rovnice pod sebe

```
\begin{align}
  a+b=c \\
  f(x,y,z) = xy-xz \\
  t = 4
\end{align}
```

$$a + b = c \tag{3}$$

$$f(x,y,z) = xy - xz \tag{4}$$

$$t = 4 \tag{5}$$

Takto se ovšem rovnice většinou nezapisují, je potřeba je zarovnat, což se nejčastěji dělá tak, že jsou pod sebou symboly rovnítek. V prostředí `align` toho docílíme vložením symbolu `&` na místa, které mají být pod sebou. Zarovnání rovnic na symbolu rovnítka je možno docílit takto

```
\begin{align}
  a+b      &=c      \\
  f(x,y,z) &= xy-xz \\
  t        &= 4
\end{align}
```

$$a + b = c \tag{6}$$

$$f(x,y,z) = xy - xz \tag{7}$$

$$t = 4 \tag{8}$$

Pokud bychom některou z rovnic nechtěli číslovat, stačí před ni nebo za ni (nebo i do ní) vložit příkaz `\nonumber`. Můžeme tedy například očíslovat pouze druhou rovnici

```
\begin{align}
a+b & \quad \quad \quad \&=c \quad \backslash\texttt{nonumber} \quad \backslash\backslash
f(x,y,z) & \quad \quad \quad \&= xy-xz
\end{align}
```

$$a + b = c$$

$$f(x, y, z) = xy - xz \tag{9}$$

Pokud bychom nechtěli číslovat žádnou z rovnic, je jednodušší použít prostředí `align*`, které se chová stejně jako `align`, ale rovnice vůbec nečísluje.

Nakonec si ukažme, jak vysázet pole rovnic, jestliže se jich na jeden řádek vejde více. V každé rovnici musíme právě jednou použít zarovnávací symbol `&`, a ten stejný symbol použijeme také pro oddělení rovnic na stejném řádku.

```
\begin{align*}
a+b & \quad \quad \quad \&= c \quad \quad \quad \& f(a,b) \quad \&= ab-b \quad \backslash\backslash
f(x,y,z) & \quad \quad \quad \&= xy-xz \quad \& x \quad \quad \quad \&= y+z
\end{align*}
```

$$a + b = c$$

$$f(a, b) = ab - b$$

$$f(x, y, z) = xy - xz$$

$$x = y + z$$

Běžný text v matematickém prostředí

Často potřebujeme uvnitř matematického prostředí vložit text standardním, nematematickým fontem. Mohou to být například některé funkce, jednotky nebo indexy vzniklé zkrácením slov. Docílíme toho příkazem `\text{...}`. Text bude vysázen stejným fontem, jakým je nastaven pro běžný text. Například se nám to může hodit k sazbě následující rovnice

```
\begin{equation*}
  y=3x+5 \; \text{pokud} \; x>4
\end{equation*}
```

$$y = 3x + 5 \text{ pokud } x > 4$$

nebo k sazbě jednotek

$$A = 58 \text{ kN}$$

Příkaz `\text` je součástí balíčku `amsmath`. Pokud ho nemáme k dispozici, je možné používat příkazy `\mbox{...}` nebo `\mathrm{...}`.

Všimněme si, že mezery se v matematickém prostředí zcela ignorují a pokud chceme nějakou vytvořit, musíme si ji vložit sami. Proto existují následující příkazy (výčet není kompletní)

- `\!` záporná mezera
- `\,` úzká mezera (například mezi číslem a jednotkou)
- `\;` velká mezera
- `\quad` čtverčíková mezera

Příkaz `\text` písmo sází ve velikosti určené matematickou strukturou. Můžeme ho tedy například použít v indexu, x_{ref} vysázíme příkazem `$x_{\text{ref}}$`.

3.2 Základní prvky v matematické sazbě

Indexy

Spodní index píšeme za symbol podtržítka `_`, horní index za symbol stříšky `^`, tedy `$x_i^{32}$` vysází x_i^{32} . Podtržítko i stříška berou v úvahu vždy jen jediný následující znak, pokud chceme do indexů zahrnout více znaků nebo celý příkaz, je nutné obalit vše složenými závorkami. Tedy `$x_{\max}^{32}$` vysází $x_{\max}^{32}$. Indexy můžeme psát i před symboly, například ${}_aX_c^d$ a libovolně je řetězit X_{abc} .

Akcenty

V matematickém prostředí nefungují běžné textové akcenty, ale musíme používat jejich matematické verze.

$\hat{u}$	<code>\hat{u}</code>	$\bar{u}$	<code>\bar{u}</code>	$\tilde{u}$	<code>\tilde{u}</code>	$\breve{u}$	<code>\breve{u}</code>
$\dot{u}$	<code>\dot{u}</code>	$\ddot{u}$	<code>\ddot{u}</code>	$\vec{u}$	<code>\vec{u}</code>	$\check{u}$	<code>\check{u}</code>

Upozorňujeme, že při tvorbě akcentu nad i nebo j je potřeba použít symbol s odstraněnou tečkou. To jsou příkazy `\imath` a `\jmath`, sázející i a j .

Některé akcenty jsou dostupné i v prodloužené variantě, například `\overleftarrow{AB}` vysází $\overleftarrow{AB}$ a `\widehat{ABC}` vysází $\widehat{ABC}$. Je také potřeba si všimnout, kam přesně akcent vkládáme. Příkazy

<code>\dot{x}_{\max}</code>	$\dot{x}_{\max}$
<code>\dot{x}_{\max}</code>	$\dot{x}_{\max}$

vloží tečku pokaždé na jinou pozici.

Zlomky

Zlomky sázíme příkazem `\frac{...}{...}`, jak jsme si již ukázali výše.

Odmocnina

Odmocnina se sází příkazem `\sqrt{...}` kde v hranatých závorkách je řád odmocniny. Není-li řád uveden, vysází se odmocnina bez označení řádu. Například `\sqrt[y]{x}` vysází $\sqrt[y]{x}$.

Funkce

Je celá řada funkcí, které se v matematice sází vzpřímeně (nebo jiným speciálním způsobem) a mají proto vlastní příkaz. Jsou to například funkce

<code>\cos</code>	<code>\sin</code>	<code>\det</code>	<code>\exp</code>
<code>\max</code>	<code>\min</code>	<code>\ln</code>	<code>\lim</code>

a spousta dalších. U těchto funkcí je možné vkládat nad i pod další výrazy pomocí symbolů pro index. Například $\max_{x \in A}(x)$ se vysází v *inline* matematice jako $\max_{x \in A}(x)$ a v rovnici jako

$$\max_{x \in A}(x) \quad (10)$$

Pokud chceme i v *inline* matematice sázet pod tyto funkce, je potřeba použít doplňkový příkaz $\limits_{x \in A} \max(x)$, naopak příkaz $\nolimits$ umožní v rovnici sázet vpravo od funkce jako index.

Stejným způsobem se chovají i funkce sumace, produkt nebo integrál

$$\begin{array}{ccccccc} \int & \backslash \text{int} & \iint & \backslash \text{iint} & \iiint & \backslash \text{iiint} & \oint \\ \Sigma & \backslash \text{sum} & \Pi & \backslash \text{prod} & \cup & \backslash \text{bigcup} & \cap \backslash \text{bigcap} \end{array}$$

Tedy příkaz $\sum\limits_{i=1}^4$ vysází $\sum_{i=1}^4$.

Řecká abeceda, kaligrafické a tučné písmo

V matematice se často používají řecká písmena a to jak velká tak malá.

$$\begin{array}{ccccccc} \lambda & \backslash \text{lambda} & \phi & \backslash \text{phi} & \delta & \backslash \text{delta} & \omega & \backslash \text{omega} \\ \Lambda & \backslash \text{Lambda} & \Phi & \backslash \text{Phi} & \Delta & \backslash \text{Delta} & \Omega & \backslash \text{Omega} \end{array}$$

Stejně tak se často používá kaligrafický font

$$\begin{array}{ccccccc} \mathcal{H} & \backslash \text{mathcal}\{H\} & \mathcal{I} & \backslash \text{mathcal}\{I\} & \mathcal{R} & \backslash \text{mathcal}\{R\} \\ \mathcal{S} & \backslash \text{mathcal}\{S\} & \mathcal{T} & \backslash \text{mathcal}\{T\} & \mathcal{Z} & \backslash \text{mathcal}\{Z\} \end{array}$$

Pokud chceme nějaký symbol vysázet tučně, nejlepší je použít balíček $\usepackage{bm}$. Symboly pak sázíme tučně pomocí příkazu $\bm{\dots}$. Například $\bm{\alpha}$ vysází tučné α .

3.3 Závorky a svorky

Závorky máme k dispozici

$$\begin{array}{lll} \text{kulaté} & (\dots) & (...) \\ \text{hranaté} & [\dots] & [...] \\ \text{složené} & \{\dots\} & \{...\} \\ \text{ostré} & \angle\dots\angle & \langle\dots\rangle \end{array}$$

Tyto symboly mají konstantní velikost:

$$\left(\frac{\sin x}{x}\right) \quad (11)$$

Často je ale chceme přizpůsobit objektu uvnitř. V takovém případě použijeme párový příkaz `\left+symbol` a `\right+symbol`, kde za `symbol` dosadíme nějakou ze závorek. Pokud bychom chtěli závorku pouze na jedné straně, je i tak nutné doplnit druhý párový příkaz následovaný tečkou.

```
\begin{equation}
\left. \left\{ \frac{\sin x}{x^2} \right\} \right]
\end{equation}
```

$$\left\{ \frac{\sin x}{x^2} \right\} \quad (12)$$

Objekty můžeme

- podtrhnout `\underline{...}`
- nadtrhnout `\overline{...}`
- označit dolní svorkou `\underbrace{...}`
- nebo horní svorkou `\overbrace{...}`

Ke svorkám lze přidat dolní nebo horní index.

```
\begin{equation}
\underbrace{\int_A t \mathbf{B}^T \mathbf{C} \mathbf{B} dA}_K = \sum_{i=1}^N \overline{a_i r_i}
\end{equation}
```

$$\underbrace{\int_A t \mathbf{B}^T \mathbf{C} \mathbf{B} dA}_K = \sum_{i=1}^N \overline{a_i r_i} \quad (13)$$

Užitečná je také svorka dělicí rovnici do jednotlivých případů, pro snadnější zadání je možné použít balíček `\usepackage{cases}`

```
\begin{equation}
  y(x) = \begin{cases}
    0 & x \leq 0 \\
    x^3 & 0 < x \leq 1 \\
    1 & 1 < x
  \end{cases}
\end{equation}
```

$$y(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ x^3 & 0 < x \leq 1 \\ 1 & 1 < x \end{cases} \quad (14)$$

3.4 Matice a vektory

Matice i vektor se sází pomocí prostředí `array`. Je potřeba uvést počet sloupců a jejich zarovnání. K dispozici jsou zarovnání levé (`l`), na střed (`c`) a pravé (`r`). Např. příkaz `\begin{array}{ccllr} ... \end{array}` označuje pole se čtyřmi sloupci z nichž první dva jsou zarovnány na střed, další má levé zarovnání a poslední pak pravé zarovnání. Za každým řádkem matice napíšeme oddělovač řádku `\\` a mezi sloupci matice vložíme oddělovač sloupců `&`, stejně jako jsme to dělali u pole rovnic. Pokud chceme, můžeme matici či vektor obalit závorkami.

```

\begin{equation}
\bm{R} = \left[\begin{array}{cccc}
a_1 & a_2 & \cdots & a_n \\
b_1 & b_2 & \cdots & b_n \\
\vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
z_1 & z_2 & \cdots & z_n
\end{array}\right]
\begin{array}{c}
x_1 \\
x_2 \\
\vdots \\
x_n
\end{array}
\\
\end{equation}

```

$$R = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \cdots & a_n \\ b_1 & b_2 & \cdots & b_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_1 & z_2 & \cdots & z_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{Bmatrix} \quad (15)$$

3.5 Další symboly

Dále máme k dispozici celou řadu dalších symbolů a mnoho dalších balíčků s rozšířeními.

$\leftarrow$	<code>\leftarrow</code>	$\Leftarrow$	<code>\Leftarrow</code>	$\Leftrightarrow$	<code>\Leftrightarrow</code>
$\neq$	<code>\neq</code>	$\leq$	<code>\leq</code>	$\geq$	<code>\geq</code>
$\pm$	<code>\pm</code>	$\sim$	<code>\sim</code>	$\otimes$	<code>\otimes</code>
$\equiv$	<code>\equiv</code>	$\approx$	<code>\approx</code>	$\ll$	<code>\ll</code>
$\bullet$	<code>\bullet</code>	∞	<code>\infty</code>	∂	<code>\partial</code>
$\aleph$	<code>\aleph</code>	$\in$	<code>\in</code>	$\subset$	<code>\subset</code>

Spousta dalších symbolů je uvedena například [zde](#).

3.6 Desetinná tečka vs. čárka

L^AT_EX je ve výchozím stavu anglický a jeho výchozím oddělovačem desetinných míst je tedy *tečka*. Protože je čárka brána jako oddělovač, vysází

se v matematickém prostředí s mezerou 3,1415. Zde uvádíme možná řešení:

- vysázíme číslo jako text `\text{3,1415}` nebo přímo v textu bez mat. prostředí `3,1415`
- čárku obalíme složenými závorkami `$3{,}1415$`
- použijeme balíček `icomma`, který rozliší, zda je za čárkou mezera nebo není (`$3,5$` bude bez mezery, `$f(x, y)$` se vysází s mezerou)
- příkazem `\mathcode'."002C` v hlavičce změnit symbol pro desetinnou tečku: všechna desetinná čísla psát poctivě do matematického prostředí s desetinnou tečkou `$3.5$` (rovnice lze potom snadno použít v anglickém textu)
- `\usepackage[output-decimal-marker={,}]{siunitx}`: desetinné číslo je potom možné zapsat buď `\num{123,45}` nebo `\num{123.45}`

Příklad k desetinným tečkám a čárkám je i na našem [webu](#) v sekci „Materiály z kurzu“.

3.7 Samostatná práce

Vysázejte matematické výrazy podle obrázku [1](#).

$$\mathcal{P} = \bigcap_{i=1}^n h_i$$

$$h_i = \{(x, y), \text{kde } a_i x + b_i y + c_i \leq 0\}$$

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{V} \sum_c l_i^{(c)} F_j^{(c)}$$

$$||AB||_p = \min_{k_1, \dots, k_{N_{var}}} \left(\sqrt{\sum_{i=1}^{N_{var}} [d_i + k_i]^2} \right)$$

$$\widehat{\boldsymbol{H}} = \sum_{k=1}^K \frac{\xi_k^c}{\sqrt{\lambda_k}} \boldsymbol{\psi}_k^T \boldsymbol{C}_{xg}$$

$$k_i = \begin{cases} -1 & \text{pokud } d_i^{(AB)} > 0.5 \\ 0 & \text{pokud } d_i^{(AB)} \in \langle -0.5, 0.5 \rangle \\ 1 & \text{pokud } d_i^{(AB)} < -0.5 \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} a & b \\ d & e \\ \vdots & \vdots \\ g & h \end{pmatrix} = \left\{ \begin{pmatrix} \alpha & \beta & \dots & \gamma \\ \epsilon & \theta & \dots & \xi \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi & \rho & \dots & \omega \end{pmatrix} \right\} \mathcal{A}$$

Obrázek 1: Samostatná práce trénující sazbu matematiky.