

Narzędzia informatyczne. Matematyka w $\text{\LaTeX}$ u

Aleksander Denisiuk
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Olsztyn, ul. Słoneczna 54
denisjuk@matman.uwm.edu.pl

Matematyka w $\text{\LaTeX}$ u

Najnowsza wersja tego dokumentu dostępna jest pod adresem

<http://wmii.uwm.edu.pl/~denisjuk/uwm>

Wprowadzenie matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ `amsart`

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

Wprowadzenie matematyki

Tryb matematyczny

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- Specjalny tryb matematyczny
- Wpisywanie wzorów pomiędzy `\ ( i \ )` albo `$ i $`, albo pomiędzy `\begin{math}` oraz `\end{math}`.
- Język opisanie wzorów

◆ Wzory matematyczne w Wikipedii

`$a$` do kwadratu plus `~$b$` do kwadratu równa się `~$c$` do kwadratu. Albo, stosując bardziej matematyczne podejście, `$c^{2}=a^{2}+b^{2}$`.

a do kwadratu plus b do kwadratu równa się c do kwadratu.
Albo, stosując bardziej matematyczne podejście, $c^2 = a^2 + b^2$.

Wzory eksponowane

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ `amsart`

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- Większe wzory powinniśmy eksponować
 - ✦ wstawiać między akapitami w osobnym wierszu
- Umieszczać pomiędzy `\[ i \]` albo `$$ i $$`, lub wewnątrz środowiska `displaymath`
 - ✦ wzory bez żadnej numeracji
- Środowisko `equation`
 - ✦ Instrukcje `\label` oraz `\ref` służą do tworzenia odsyłaczy do równań

Przykład wzoru bez numeracji

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

a do kwadratu plus b do kwadratu
równa się c do kwadratu. Albo, bardziej
matematycznie,

$\$ \$$

$$c^2 = a^2 + b^2,$$

$\$ \$$

gdzie $\dots$

a do kwadratu plus b do kwadratu równa się c do kwadratu.
Albo, bardziej matematycznie,

$$c^2 = a^2 + b^2,$$

gdzie ...

- Czy potrzebna jest pusta linia po wzorze?

Przykład wzoru z numeracją

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
\begin{equation} \label{eq:epsilon}
  \varepsilon > 0
\end{equation}
```

Ze wzoru (`\ref{eq:epsilon}`) otrzymujemy `\dots`

$$\varepsilon > 0 \tag{1}$$

Ze wzoru (1) otrzymujemy ...

- Czy potrzebna jest pusta linia po wzorze?

Wzór wewnątrz akapitu a eksponowany

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
 $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6}$ 
```

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6}$$

```
 $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6}$ 
```

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6}$$

- $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6}$
- $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6}$

Tryb tekstowy a matematyczny

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ `amsart`

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

1. $\text{\LaTeX}$ ignoruje wszystkie odstępy oraz znaki końca linii
2. Wszystkie odstępy we wzorach wynikają z kontekstu
 - czasami trzeba poprawić odstępy
3. Puste linie są niedozwolone

Fonty w trybie matematycznym

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- Zmienne składane są inaczej, niż zwykły tekst.
- Jeżeli częścią wzoru jest zwykły tekst, to należy posłużyć się instrukcją `\text{rm}{...}`.

\$\$

`x^{2} \geq 0 \quad`

`\text{rm}{dla każdego } x \in \mathbf{R}`

\$\$

$$x^2 \geq 0 \quad \text{dla każdego } x \in \mathbf{R}$$

Klasa amsart

Wprowadzenie matematyki

❖ Tryb matematyczny

 Pierwiastki

◆ Funkcje

 Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- Klasa dokumentów `amsart`
- Częci, dołączane jako pakiety:
 - ◆ `amscfonts` — dodatkowe fonty,
 - ◆ `amsmath` — wprowadzenie skomplikowanych konstrukcji matematycznych,
 - ◆ `amssymb` — dodatkowe symbole matematyczne,
 - ◆ `amsthm` — różne style formatowania twierdzeń, definicji, uwag itp.
- Nie ma przeciwwskazań
- Zalecane jest dołączenie `amsmath`
- Pakiet `poski` powinien iść po `amsmath`

$$x^2 \geq 0 \quad \forall x \in \mathbb{R}$$

$$x^2 \geq 0 \quad \text{dla każdego } x \in \mathbb{R}$$

Pierwiastek stopnia n

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- `\sqrt[n]{x}`
- `[n]` można opuścić
- `\sqrt[2]{x}`, `\sqrt[3]{x^2+y^2}`,
`\sqrt[a+b]{\frac{1}{1+x^2}}`
-

$$\sqrt[2]{x}, \sqrt[3]{x^2 + y^2}, \sqrt[a+b]{\frac{1}{1 + x^2}}$$

Wyrównanie pierwiastków

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- `\sqrt [3] {a}+\sqrt {b}+\sqrt [99] {g}`

$$\sqrt[3]{a} + \sqrt{b} + \sqrt[99]{g}$$

- `\sqrt [3] {\mathstrut a}`
`+\sqrt {\mathstrut b}`
`+\sqrt [99] {\mathstrut g}`

$$\sqrt[3]{a} + \sqrt{b} + \sqrt[99]{g}$$

Nazwy funkcji

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- Polecenia do składu funkcji matematycznych

- $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{\tan x} = 1$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{\tan x} = 1$$

- Własne funkcje i operatory

✦ w preambule

- `\DeclareMathOperator{\End}{End}`
- `\DeclareMathOperator*\{ \Max \} {Max}`

```
\begin{displaymath}
  \Max_{x \in A} f(x) \quad \quad \quad \End_R V
\end{displaymath}
```

$$\Max_{x \in A} f(x) \quad \quad \quad \End_R V$$

Nawiasy i inne ograniczniki

Wprowadzenie matematyki

❖ Tryb matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory wielowierszowe

❖ Twierdzenia

● Rozmaite polecenia, np.

◆ `\langle \omega, x\rangle`

◆ $\langle \omega, x \rangle$

● Z automatycznym dobozem wielkości

◆ `\left.\frac{x^3}{3}\right|_0^1`

◆ $\left.\frac{x^3}{3}\right|_0^1$

● Ręczne ustawienie wielkości

◆ `( \big( \Big( \bigg( \Bigg(`

◆ $((((($

◆ `\bigl( (a+b)+c\bigr)`

◆ $((a+b)+c)$

Odstępy w trybie matematycznym

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- Sytuacje, kiedy wielkość odstępów trzeba skorygować
- $\$ \{ \backslash, a, b, c \backslash, \backslash \} \$$ $\{a, b, c\}$,
- $\$ \int f(x) \backslash, dx \$$ $\int f(x) dx$,
- $\$ \sqrt{2} \backslash, x \$$ $\sqrt{2} x$,
- $\$ \sqrt{\backslash, \log x} \$$ $\sqrt{\log x}$,
- $\$ n / \backslash ! \backslash \ln n \$$ $n / \ln n$,
- $\$ F_{\{n+1\}} = F_n + F_{\{n-1\}}, \backslash qquad n \geq 2 \$$
 $F_{n+1} = F_n + F_{n-1}, \quad n \geq 2,$
- Unikamy odstępów w liczbach
 $\$ e \approx 2 \{ , \} 71828 \$$ $e \approx 2,71828$.

Środowisko array

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
$$\mathbf{X} =  
\left( \begin{array}{ccc}  
x_{11} & x_{12} & \ldots \\  
x_{21} & x_{22} & \ldots \\  
\vdots & \vdots & \ddots \\  
\end{array} \right)$$
```

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots \\ x_{21} & x_{22} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix}$$

Układ równań

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ **Macierze**

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
\begin{displaymath}
y = \left\{ \begin{array}{ll}
a & \text{jeżeli } d > c \\
b+x & \text{rano} \\
l & \text{w ciągu dnia}
\end{array} \right.
\end{displaymath}
```

$$y = \begin{cases} a & \text{jeżeli } d > c \\ b + x & \text{rano} \\ l & \text{w ciągu dnia} \end{cases}$$

- `matrix` układa macierz w postaci tablicy
 - ✦ z mniejszym odstępem między kolumnami, niż środowisko `array`
 - ✦ nie trzeba wskazywać, ile i jakich kolumn zawiera macierz
 - ✦ ilość kolumn nie powinna przekraczać 10
 - jeżeli się chce, to można
- `pmatrix` układa macierz, zawartą w nawias okrągły,
- `bmatrix` układa macierz, zawartą w nawias kwadratowy,
- `vmatrix` układa macierz, ograniczoną kreskami |,
- `Vmatrix` układa macierz, ograniczoną kreską podwójną ||.
- Żeby uzyskać w macierzy poziomy wiersz z kropek, stosuje się polecenie `\hdotsfor {Ilość column}`.

$\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\mathcal{L}\mathcal{A}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$, przykład

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ `amsart`

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ **Macierze**

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
$$\mathcal{A}=\begin{pmatrix}a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \hdotsfor{4} \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$
```

$$\mathcal{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ & \dots & \dots & \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

$\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\mathcal{L}\mathcal{A}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$, układy równań

Wprowadzenie matematyki

❖ Tryb matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
$$ \sign(x)=\begin{cases}1, & \text{jeśli } x>0, \\0, & \text{jeśli } x=0, \\-1, & \text{jeśli } x<0.\end{cases} $$
```

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{jeśli } x > 0, \\ 0, & \text{jeśli } x = 0, \\ -1, & \text{jeśli } x < 0. \end{cases}$$

Wzory wielowierszowe

Wprowadzenie matematyki

❖ Tryb matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- `eqnarray`
 - ✦ każdy wiersz wyrażenia posiada osobny numer
- `eqnarray*`
 - ✦ wiersze nie są numerowane
- Zbliżone do tabeli typu `{rcl}`
- W środkowej kolumnie wstawiamy zwykłe znaki równości lub nierówności

eqnarray, przykład

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
\begin{eqnarray}
f(x) &= & \cos x \\
f'(x) &= & -\sin x \\
\int_0^x f(y) dy &= & \sin x
\end{eqnarray}
```

$$f(x) = \cos x \quad (2)$$

$$f'(x) = -\sin x$$

$$\int_0^x f(y) dy = \sin x \quad (3)$$

- Złożenie w ten sposób dużych i skomplikowanych wyrażeń może się jednak okazać zbyt trudne; lepiej wtedy użyć pakietu `amsmath`

multline, przykład

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
\begin{multline}
1+2+3+4+\cdots\backslash
+46+47+48+\cdots\backslash
+99+100=5050
\end{multline}
```

$$1 + 2 + 3 + 4 + \dots$$

$$+ 46 + 47 + 48 + \dots$$

$$+ 99 + 100 = 5050 \quad (4)$$

gather, przykład

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
\begin{gather}  
2\times 2*4\\  
24\times 24*576\notag  
\end{gather}
```

$$\begin{array}{l} 2 \times 2 * 4 \\ 24 \times 24 * 576 \end{array} \quad (5)$$

align, przykład

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
\begin{align}  
7\times 9&=63 & 63:9&=7\notag\\  
8\times 9&=72 & 72:9&=8  
\end{align}
```

$$\begin{array}{rcl} 7 \times 9 = 63 & 63 : 9 = 7 & \\ 8 \times 9 = 72 & 72 : 9 = 8 & (6) \end{array}$$

aligned, przykład

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
$$  
\left\  
\begin{aligned}  
x^2+y^2&=7\  
x+y &= 3.\  
\end{aligned}  
\right.  
$$
```

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 7 \\ x + y = 3. \end{cases}$$

Twierdzenia, definicje, itp.

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

● Określamy środowisko w preambule

- ◆ `\newtheorem{name}[nazwa]{tekst}[punkt]`
 - `name` oznacza nazwę środowiska
 - `nazwa` (opcjonalnie) wspólna numeracja ze środowiskiem `nazwa`
 - `tekst` Tekst, który pojawi się na wydruku („Twierdzenie”, „Definicja”, etc)
 - `punkt` podporządkowanie numerowania twierdzeń określonej jednostce podziału

Przykład

Wprowadzenie matematyki

❖ Tryb matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory wielowierszowe

❖ Twierdzenia

● Preambuła:

❖ `\newtheorem{twr}{Twierdzenie}`

❖ `\newtheorem{lem}[twr]{Lemat}`

● Tekst

`\begin{lem}\label{lem:1}`

Pierwszy lemat `\dots \end{lem}`

`\begin{twr}[Dyzma]`

Przyjmując w lemacie `\ref{lem:1}`,

że `\epsilon=0` `\dots \end{twr}`

`\begin{lem}`Trzeci lemat `\end{lem}`

● Wynik:

Lemat 1. *Pierwszy lemat...*

Twierdzenie 2 (Dyzma). *Przyjmując w lemacie 1, że $\epsilon = 0$...*

Lemat 3. *Trzeci lemat*

● Pakiet `amsthm`

- ◆ `\newtheorem*` środowisko bez numeracji
- ◆ `\theoremstyle{styl}` steruje stylem składni twierdzeń
 - `plain` — twierdzenia
 - `definition` — definicja
 - `remark` — uwagi

Przykład

Wprowadzenie
matematyki

❖ Tryb
matematyczny

❖ amsart

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory
wielowierszowe

❖ Twierdzenia

```
\theoremstyle{definition}
\newtheorem{definicja}{Definicja}[section]
\begin{definicja}
    \emph{The} --- the definite article.
\end{definicja}
```

Definicja 0.1. *The* — the definite article.

Środowisko *proof*

Wprowadzenie matematyki

❖ Tryb matematyczny

❖ `amsart`

❖ Pierwiastki

❖ Funkcje

❖ Nawiasy

❖ Odstępy

❖ Macierze

❖ Wzory wielowierszowe

❖ Twierdzenia

- Do składania dowodów twierdzeń

```
\begin{proof}
```

Widoczne

```
\end{proof}
```

Dowód. Widoczne

